

that limit is attained, the waves become rounded in outline and the crests are no longer broken.

»Indes kann das Überstürzen der Wellenkämme doch nur in dem Sinne wirken, das durch die vorwärts geschleuderten und in die Tiefe eindringenden Wassertropfen die Impulse in die Richtung des Windes sich schneller in die Tiefe fortpflanzen als die Formeln ergeben: ein Prozess, der noch durch das Empordringen von vorher tiefer gelegenen Wasserteilchen an die Oberfläche, an die Stelle der vom Winde abgerissenen und hinweggeführten unterstützt wird. Durch schnelle Steigerung der Wellenhöhe wird dann die Differenz zwischen der Wind- und der Orbitalgeschwindigkeit der Wasserteilchen kleiner und so das Stadium der 'ausgewachsenen' See erreicht, wo die Windstärke nicht mehr ausreicht, den Zusammenhang der Wasserteilchen zu zerreißen.»*

But these results, that ensue from the increasing height of the waves, play no part whatever in sand-waves: the crest of a sand-wave only a decimeter high pours over itself equally as the crest of a sand-wave 100 m. high. The difference between the velocity of the wind and the velocity of the paths of the sand-particles in the vertical plane is always so great, that the successional continuity of the particles themselves is broken and the crest must pour over under any and all circumstances, assuming of course that the impact of the wind is at right angles to the dune. The passage I have just quoted shows also clearly, that, when sea-water is agitated to the point of breaking into spray, the water-particles in each wave show a tendency to rearrange themselves, which is fully comparable to the rearrangements that take place within a dune-wave. Those particles which have recently been on the summit of the wave plunge down its steep leeward side to its base, and then perhaps in the next moment lie at the lowest level of the wave. Later on they again emerge upon the surface, and take the place of those particles which in consequence of the continued over-pouring of the wave have been forced down towards its base. Hence, even in the case of an oceanic wave, we may speak of a rolling motion of the same kind as that of a dune — indeed there is a species of over-pouring wave which is called a »roller». Add to this, that the crest of the wave is broken and pours over in the form of breakers so soon as the depth becomes less than the altitude of the wave. A contrary current tends to produce breaker waves; and Krümmel says: »Besonders hohe Wellen und heftige Sturzseen sind lokal dort häufig, wo die herrschende Dünung einer Strömung entgegenläuft: so in Flussmündungen, im Gebiete starker Gezeiten- oder besonders starke Meeresströme. — In diesen Fällen werden die von der Welle ergriffenen Wasserfäden im Bereiche des Wellenkammes durch den ihrer Bewegung sich entgegenstimmenden Druck der Strömung stark zusammengedrückt, wodurch die Kämme höher und steiler werden und schliesslich wegen mangelnder Unterstützung überschlagen, und zwar in der Richtung dem Strom entgegen.»**

A similar effect is produced upon waves that are beating against a beach by their own back-wash or recoil; they set up a bottom current which flows in the opposite direction to themselves, and consequently arrests the lower parts of the ad-

* Krümmel, *Handbuch der Ozeanographie*, II, p. 350.

** *Op. cit.*, p. 83.

Hedin, Journey in Central Asia. II.