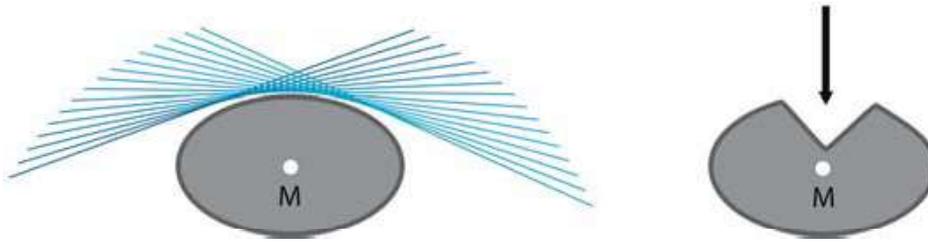


## Steigende Steine

Wasser dient den Lebensprozessen auf der Erde nicht nur in den Organismen selbst, als Träger der Stoffwechselprozesse und in zahlreichen Körperflüssigkeiten, zur Beweglichkeit und der Vorbeugung der Erstarrung, sondern auch indirekt in der „Bearbeitung“ der bereits festgewordenen Mineral- und Gesteinswelt. Es erweist sich dabei als wahrhaft „kosmisches“ Element, in welches – vor allen anderen – auch die Kräfte der Sonne und des Mondes einwirken und in ihm wirken. So sind die Mondeneinflüsse bekannt, in den Gezeitenrhythmen der Meere, aber auch in feinen Kapillaren des Bodens und der Pflanzenwelt. Der Mond übt dabei eine Art „Gravitations-Konkurrenz“ aus, die so stark ist, dass der gemeinsame Drehpunkt (Baryzentrum) von Mond und Erde zwar noch innerhalb des Erdkörpers liegt, aber doch so weit exzentrisch, dass die Bahn der Erde um die Sonne dadurch eine „Schlingerbewegung“ ausführt (Radialschwankung, bis zu 4700 km weit), so dass mit Recht von einem „Doppelplaneten“ gesprochen wird. Die Kräfte der Sonne wirken dabei noch zusätzlich vor allem durch die Wärme, welche stark in der Erdoberfläche und ihren Gashüllen lebt und atmosphärische Prozesse wie Verdunstung und Kondensation auslöst, Hauptfaktoren des Wettergeschehens, das sich im Wechsel von Erwärmung und Abkühlung abspielt. In diesen Übergängen wiederum lebt die Aktivität des Wassers, welches in seinen Prozessen des Gefrierens, Auftauens und Verdunstens nicht nur die Grenzmarken unserer (Celsius-)Temperaturskala bestimmt, sondern durch die damit verbundenen geomorphologischen Prozesse in der Erde schließlich auch die Fruchtbarkeit der Landschaft und der Ackerböden beeinflusst.

Die von Wind und Wasser erzeugten (äolischen und fluviatilen) Sedimente erzeugten schon für die Antike etwa die Region des „fruchtbaren Halbmondes“, welcher sich von den Schwemmböden des Nil bis zum Zweistromland von Euphrat und Tigris ausbreitete. Die Kräfte von Wind und Wasser lösen hierbei das festgewordene, verhärtete Gestein wieder auf und bringen es dadurch in den Zustand der Verwertbarkeit durch Lebensprozesse und Lebewesen. Ein Großteil dieser Sedimentbildung geschieht dabei durch die „Behandlung“ des Gesteins durch das Wasser in den Flüssen. Auf die Gesteine wirken dabei nicht wie bei mechanischer Spaltung radiale Kräfte ein, sondern scherende und „schleifende“ tangentielle Kräfte:



**Abb. 1:** M= Schwerpunkt des Steins. In Bezug auf diesen tangentiale (scherende, schleifende, links) und radiale (spaltende, rechts) Kraftwirkungen führen zu weichen, gerundeten oder kantigen, brüchigen Formen.

Durch die Kräfte des Umkreises wirkt die Tendenz, die Körper zu Kugeln zu bilden (was faktisch nie ganz gelingt) — der Stein wird gerundet.<sup>1</sup> Der „den Stein höhrende stete Tropfen“ hat dabei stets die Tendenz, sein Objekt sich selbst immer ähnlicher zu machen, bis zur Idealform des Tropfens, der „Kristallform“ des Wassers. Auch das Wasser erreicht die ideale Kugelform jedoch nur im schwerelosen Raum — das zentripetale Feld der Schwerkraft ist nicht sein eigentliches Element. Daher scheint es sich auch mit dem Phänomen des Auftriebs dagegen zu sträuben: Jeder ins Wasser getauchte Körper verliert relativ soviel an Gewicht, wie die Menge des von ihm verdrängten Wassers wiegt. Dadurch sind etwa Flusskiesel unter Wasser auch viel „leichter“ und werden leichter durch die Strömungen bewegt und verlagert. Je nach Größe können dadurch kleinere Steine unter Wasser auch meterweit „fliegen“ (geologisch: „saltierende Feststofffracht“), insbesondere wenn in den Kurven mäandrierender Flüsse in den Wassermassen zusätzliche Druck- und Hubkräfte wirken, welche den Auftrieb noch erhöhen oder die Fest-



**Abb. 2:** Von rhythmischen Wasserbewegungen in Uferbereichen nach Größen „sortiertes“ und gerundetes Gestein, unter Wasser  
(Foto: Engin Akyurt, Türkei)

<sup>1</sup> Siehe auch: Olive Whicher „Sonnen-Raum. Ein Übungsweg zum Verständnis des Lebendigen“

körper saugend „aufwirbeln“. Dabei werden das Geröll und die mitgeschleppten Mineralien noch vom Wasser nach Größe und Gewicht „sortiert“: der feinere Sand lagert sich in der ruhigeren Innenkurve ab, während das gröbere Geröll in der Außenkurve ausgewaschen wird (s. Abb. 2).

So entstehen vor allen in den Flussterrassen ausgedehnte Kieslager, die im Tagebau verwertet werden und in verschiedenen Korngrößen abgebaut werden. (Für das Jahr 2018 wurde EU-weit ein Abbau von ca. 1 Mrd. Tonnen Kies geschätzt<sup>2</sup>).



**Abb. 3:** „Baggersee“ in Bayern; ehemaliger Kiestagebau; das aufgestiegene Wasser zeigt je nach Tiefe verschiedene Färbungen (siehe auch Seite 13) (Foto: Richard Huber, CC BY-SA 3.0, bearbeitet)

### Steigende Ackersteine

Naturgemäß folgt jeder Stein der Gravitation, er bildet sogar selbst eine geringe Gravitation aus. Das Wasser schafft es jedoch, ihn in der dieser entgegengesetzten Richtung zu bewegen, was nicht nur die runden Kiesel hervorbringt, sondern auch die bei Landwirten bekannten Ackersteine oder Lesesteine, die alle Jahre wieder neu von den Äckern „aufgelesen“ werden können. Je nach Landschaft und geologischer Bodenbeschaffenheit können diese dabei brüchigen Schottern gleichen oder, in ehemaligen Flussbereichen (Flussterrassen), gerundete Formen aufweisen. Ein Teil des wiederkehrenden „Auftauchens“ dieser Steine lässt sich durch Bodenbearbeitung wie Pflügen oder Grubbern erklären, welches tieferliegendes loses Gestein an die Oberfläche bringt. Jedoch auch unabhängig davon tauchen immer wieder neue Steine auf.

Auch diese werden durch besondere Eigenschaften des Wassers bewegt, wie die Dichte-Anomalie. Anders als die meisten anderen Mineralstoffe hat das Wasser seine größte Dichte bei etwa 4° Celsius, also über dem Gefrierpunkt. Während andere Stoffe beim Übergang von der flüssigen zur festen Phase nach unten sinken (der Schwerkraft gemäß), steigt das Wasser bei Vereisung wieder auf und verliert an Dichte, d.h. es dehnt sich aus. Dadurch gefrieren Seen und Teiche im Winter nicht bis zum Grund, sondern das Leben unter der Eisdecke setzt sich in der Tiefe

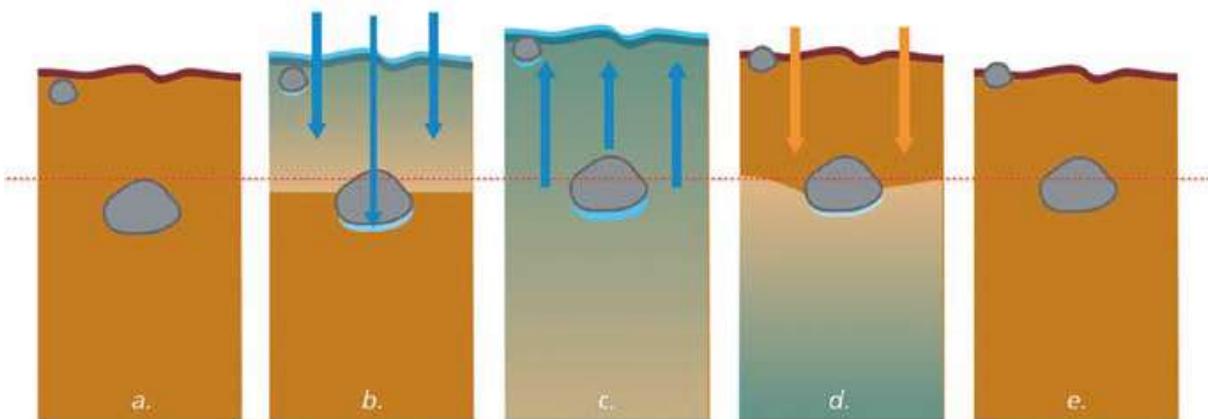
<sup>2</sup> UEPG Annual Review 2019-2020. European Aggregates Association



**Abb. 4:**  
Gesammelte Lesesteine am  
Ackerrand (Brandenburg)  
(Foto: Lienhard Schulz)

fort. Auch entstehen die Phänomene der Frostsprengung und der Frostgare, die der Landwirt kennt: Das in Bodenkapillaren befindliche Wasser gefriert und lockert bei seiner Ausdehnung die Bodenstruktur auf, was der Verhärtung und Verdichtung

entgegenwirkt. Bei Bodenfrost kommt es bei tiefer liegenden Ackersteinen zu geheimnisvollen Vorgängen, die als Frosthub und Frostschiebung bekannt sind. Damit werden unterschiedliche Phänomene ins Auge gefasst: Frost basiert auf schnellerem Gefrieren der Bodenoberflächen, die darunter liegende Steine bei der aufwölbenden Expansion „mitnehmen“. Der Begriff *Frostschiebung* gründet auf der Ansicht, dass unter dem Stein befindliche Feuchte sich bei Gefrieren ausdehnt



**Abb. 5:** Aufwärtsbewegung eines Ackerstein durch Frosthub im Jahreslauf:

**a.** Position des Steins in der frostfreien Zeit; **b.** Spätherbst- und Winterfrost dringt in den Boden ein. Durch die höhere Wärme-(und Kälte-)Leitfähigkeit des Gesteins gegenüber dem umgebenden lockeren Boden kann sich unterhalb expandierendes Kammeis (Nadeleis) bilden; **c.** tiefer eindringender Winterfrost führt zur Aufwärtsexpansion der Bodenschichten mitsamt ihrer Inhalte; **d.** Frühjahr: der Wärmeprozess dringt von oben auftauend in den Boden ein, während der Stein noch von tieferliegendem Frost und Nadeleis gehalten wird. Einsickernde Bodenkrume fixiert ihn in seiner Position. **e.** Durch den Wechsel der Aggregatzustände des Wassers wurde der Stein im Jahreslauf auf ein höheres Niveau gehoben, entgegen der Schwerkraft. (Das kleine Objekt links oben zeigt schematisch an, wie ein Stein auf diese Weise „zum Vorschein“ kommen kann.)  
(Grafik: A.P.)



**Abb. 6:**  
*Im Erdreich „arbeitendes“  
 und dieses anhebendes  
 Kammeis (Nadeleis)*  
 (Foto: Thomas Bresson)

und den Stein nach oben „drückt“. Er wird durch sich bildende Eislinsen und Kapillareis angehoben. Dabei verhilft die stärkere Kälteleitung des Steines ebenfalls zu schnellerem und ausgiebigerem Gefrieren als in der Umgebung.

Das Wasser dient so in vielfacher Weise den Lebensprozessen, indem es festgewordenes Gestein löst und auflöst, und es in erstaunlicher Weise der akkumulierenden Gravitation entreißt, in Bewegung bringt und es so für höhere Organismen verfügbar macht, direkt in Mineralwässern oder indirekt über Nahrungspflanzen.

*Andreas Pahl*