

WinterGarten

Meistens fotografieren wir unsere Naturgärten im Frühling oder im Sommer, wenn die Blütenpracht am schönsten ist. Nur selten werden die Gartenporträts von Herbst- oder Winterbildern begleitet. Es scheint fast, als gäbe es diese beiden Jahreszeiten nicht. Zugegeben, es ist nicht immer einfach, die besonderen Herbst- und Winterstimmungen fotografisch einzufangen: Entweder es regnet, das Tageslicht ist nicht ausreichend oder der Garten besteht nur aus Brauntönen. Manchmal wundert man sich, warum die Schneebilder überbelichtet sind oder in Grau- und Blaustichen versinken. Oder man sitzt am warmen Ofen und verpasst den günstigen Zeitpunkt für ein schönes Motiv.

Seit zwei Jahren fotografiere ich nicht nur zur Mai-Juni-Juli-Sommersonnen-Blüte, sondern gerade bei „ungemütlichem“ Wetter. Kälte und Nässe sind schnell vergessen, wenn sich die vielen kleinen Naturwunder zeigen. Schneesterne, Reif und Eis sind typische Winterbilder – doch wie entstehen diese alltäglichen Phänomene?

1 | Tau entsteht aus Wasserdampf, der bei Temperaturen über 0°C an Pflanzen und anderen Objekten in Bodennähe kondensiert¹. Er bildet sich, wenn die Temperatur des Erdbodens oder der erdnahen Gegenstände unter der Taupunkttemperatur² der Umgebungsluft liegt. Tautropfen bilden sich vor allem an gekerbten, gesägten oder

gezähnten Blatträndern und an Blatthaaren. Tropfen, die im Winter gefrieren, heißen gefrorener Tau.

2 | Reif tritt bei einer Abkühlung der Erdoberfläche unter 0°C als gleichförmiger, kristalliner, beinahe schneeartiger Überzug in Bodennähe auf. Durch Resublimation³ von Wasserdampf bilden sich diese Eisablagerungen an Pflanzen und Gegenständen mit geringer Wärmeleitung.

3 | Raureif sind Eisgebilde, die in kalten, klaren Winternächten an Ästen, Zweigen und anderen Gegenständen entstehen. Raureif bildet sich durch Resublimation aus leichtem Nebel oder direkt aus dem in der





Luft enthaltenen Wasserdampf. Er wächst im Allgemeinen bei Temperaturen unter -8°C , einer hohen, relativen Luftfeuchtigkeit von über 90% und meistens entgegen der Windrichtung. Letzteres kommt daher, dass die Luft auf der windzugeneigten Seite meist eine höhere Luftfeuchtigkeit aufweist als die der windabgeneigten Seite.

¹ *Kondensation: Begriff aus der Thermodynamik, der den Übergang eines Stoffes vom gasförmigen in den flüssigen Aggregatzustand bezeichnet.*

² *Taupunkttemperatur: In der Meteorologie gibt der Taupunkt die Grenztemperatur an, bei der der in der Luft enthaltene Wasserdampf (in Abhängigkeit vom Luftdruck) gerade damit beginnt, Kondensate (Tropfen, Eiskristalle) zu bilden.*

³ *Resublimation: Begriff aus der Thermodynamik, der den unmittelbaren Übergang eines Stoffes vom gasförmigen in den festen Aggregatzustand bezeichnet.*

Raureif wächst sehr langsam in Form von feinen, hellweißen, durchsichtigen oder dunkelweißen Eiskristallen (Nadeln, Fäden oder blattförmigen Gebilden) und haftet nur leicht an seiner Unterlage. Je mehr Wasserdampf die Luft enthält, desto dicker wird die Raureifschicht (sie bleibt jedoch immer leicht und locker). Früher wurden dicke Raureifschichten als Raufrost bezeichnet, dieser Begriff ist heute nicht mehr gebräuchlich. Eine besondere Form des Raureifs sind Eisblumen.

Eisblumen entstehen an Fensterscheiben aus Einfachglas mit geringer Wärmedämmung bei Außentemperaturen unter 0°C . Die warme Raumluft resublimiert an der Scheibe, wenn auf dem Glas Kristallisationskeime oder -kerne (z. B. Staubteilchen) vorhanden sind, an denen das Wasser kristallisieren kann. Auch auf der Außenseite von Autos oder an Flugzeugfenstern können Eisblumen entstehen. Schöne Eis-

blumen entstehen nur, wenn sie langsam wachsen können. Heute sind Eisblumen ein seltenes Phänomen, da in unseren Häusern fast ausschließlich Fenster mit guter Wärmedämmung verwendet werden.

Eis kristallisiert in streng geordneten Strukturen (hexagonales Kristallgitter) und tritt in der Natur vom Hagelkorn über den Eiswürfel bis zum Gletscher in den verschiedensten Erscheinungsformen auf. Da die Dichte von Eis mit $0,9168\text{ g/cm}^3$ (bei 0°C) geringer ist als die von Wasser (1 g/cm^3), schwimmt es auf der Wasseroberfläche und bildet dort Eisdecken, Eisschollen und Eisberge. In reiner Form besteht Eis aus farblosen, transparenten Kristallen. Eis, das zahlreiche feine Luftbläschen enthält, erscheint durch Lichtstreuung weiß.

Hagelkörner entstehen in (Gewitter) Wolken, die große Mengen Wasserdampf enthalten und sich bei Luftmassen mit ex-

trem labiler Schichtung bilden. In höheren Wolkenschichten können bei Temperaturen unter 0°C flüssige Tröpfchen und Eiskristalle nebeneinander bestehen. Eiskristalle bilden sich nur, wenn „Eiskeime“, bzw. „Kristallisationskeime“ (winzige, feste Salzkristalle oder Staubteilchen) vorhanden sind. In der Atmosphäre gibt es immer mehr Wassertropfen als Kristallisationskeime. Besonders in den wasserreichen (Gewitter)Wolken stürzen sich nun viele unterkühlte Wassertropfen⁴ auf einen Keim und führen zu einem schnellen Wachstum von Eiskristallen. Diese Eiskristalle werden durch Aufwinde angehoben, danach fallen sie wieder in

tieferen Luftschichten, nehmen weiteres Wasser auf, werden abermals nach oben gerissen, und zusätzliches Wasser gefriert an. Dieser Vorgang wiederholt sich solange, bis ein Hagelkorn zu schwer ist, um von den Aufwinden getragen zu werden und zur Erde sinkt. Ohne einen Aufwind würden die Eiskristalle durch die Schwerkraft absinken, sich aus der Wolke entfernen und dadurch nicht weiter anwachsen können.

4 | Frostgraupel treten vom Spätherbst bis zum späten Frühjahr auf, wenn maritimarktische oder grönländische Polarluft ein-

geflossen sind, die Bodentemperaturen über 0°C und die Temperaturen in den Wolken am Gefrierpunkt liegen. Graupel sind halb durchsichtige, runde, glasiert aussehende Eiskörner von 2–5 mm Durchmesser. Ihr trüber Kern ist von einer dünnen Eisschicht überzogen, die ihnen eine hohe Festigkeit verleiht, so dass sie beim Aufprall auf den Boden hochspringen ohne zu zerfallen.

5 | Eine Sonderform der Eisbildung liegt vor, wenn in der Natur **Einkristalle** entstehen. Ein Einkristall ist ein Körper, in dem alle Atome/Moleküle entsprechend einem bestimmten streng periodischen Muster auf atomarer/molekularer Ebene regelmäßig angeordnet sind. Das Wachstum entlang der verschiedenen Richtungen in diesem Muster verläuft in der Regel unterschiedlich schnell, die Ausdehnung der linearen Strukturen ist richtungsabhängig (Anisotropie). Solche Einkristalle können z.B. bei einem zufrierenden See einige Quadratmeter groß werden, auf dem Foto sind sie nur einige Zentimeter groß. Welche Orientierung diese Kristalle auf der Wasseroberfläche einnehmen, hängt von der mehr oder weniger zufälligen Orientierung des „Keimkristalles“ ab, der sich beim Kälterwerden spontan im unterkühlten Wasser bildet. In der Regel bildet sich aus einem mikroskopischen Keim (ca. 20–30 Angström, d.h. $20\text{--}30 \times 10^{10} \text{ m}$) auch ein makroskopischer Kristall.



Die Kristallbildung auf dem Foto fand unter sehr seltenen, natürlichen Bedingungen statt. Am wachsenden Keimkristall lagerten sich keine Fremdatome (z. B. aus Luftverunreinigungen), sondern nur Wasserstoff- und Sauerstoffatome an. Beim Gefrieren von Wasser hat jedes Wassermolekül innerhalb des Kristalls seinen festen Platz, die einzelnen Moleküle werden (wie LEGO-Steine) neben- und übereinander angeordnet. Bereits ein einziges Fremdatom hätte lokale Störungen im Kristallgitter verursacht und das Erscheinungsbild entscheidend

⁴ *Unterkühlung: Begriff aus der Thermodynamik: Absenkung der Temperatur einer Flüssigkeit unter den Gefrierpunkt, ohne dass diese erstarrt.*



Fotos: Werner David und Kerstin Lüchow

verändert. Das Kristallwachstum unterliegt zwar den Naturgesetzen, ist aber wegen zahlreicher Zufallswirkungen (Temperatur, Luftdruck, Luftfeuchte, Verunreinigungen) nicht genau vorhersagbar.

6 | Raueis entsteht in Nächten mit wasserreichem, unterkühltem Nebel. Aufgrund des hohen Wasserangebotes wächst Raueis sehr schnell. Es gibt keine bevorzugte Kristallform, der Eisüberzug ist ein diffuses, durch Lufteinschlüsse grauweiß getöntes, körniges und undurchsichtiges Gebilde (auch Fahnen oder bis zu 50 cm dicke Raueissschichten im Gebirge). Raueis bildet sich i. A. bei Temperaturen zwischen -2°C und -10°C , haftet sehr fest an seiner Unterlage und wächst dem Wind entgegen. Nur bei völliger Windstille wächst Raueis in alle Richtungen gleichmäßig stark.

7 | Klareis entsteht i. A. bei einer Lufttemperatur von 0°C bis -3°C durch langsames Anfriern von Niederschlägen oder unterkühlten Nebelwassertropfchen an Oberflächen. Es bilden sich fest anhaftende, glatte, kompakte und durchsichtige Eisablagerungen unbestimmter Form und unregelmäßiger Größe.

8 | Schnee ist ein fester Niederschlag und besteht aus kleinen Eiskristallen, die sich in ca. 2km Höhe (850hPa Niveau) bei Temperaturen von unter -12°C bis -16°C bilden. Die Bildung eines Schneekristalls beginnt in den Wolken, in denen sich feinste Tröpfchen unterkühlten Wassers an Kristallisationskeimen anlagern und gefrieren. Die Eiskristalle verbinden sich auf ihrem Weg zur Erde und können eine Größe von 1-5 mm erreichen. Auch der in der Luft enthaltene Wasserdampf trägt durch Resublimation zum Kristallwachstum bei. Sogar auf der Erde kann sich das Kristallwachstum fortsetzen. Schneeflocken bilden sich, wenn flüssiges Wasser als Bindemittel vorhanden ist: Fängt ein Schneekristall ein unterkühltes Wassertropfchen ein und stößt es an dieser Stelle mit einem anderen Kristall zusammen, haften beide aneinander und frieren anschließend zusammen. Die größten, bis zum 5 cm großen Schneeflocken entstehen bei Temperaturen um $+2^{\circ}\text{C}$, indem sie nur aneinander haften, ohne aneinander zu frieren.

Schneekristalle nehmen in Abhängigkeit von der Temperatur und Luftfeuchtigkeit unterschiedliche Formen an, die am besten unter der Lupe oder dem Mikroskop sichtbar sind. Dabei zeigen sie immer ein hexagonales (sechseckiges) Grundmuster: Es gibt einfache Plättchen, Prismen und

Nadeln oder dendritische (sechsstrahlige) Sterne und Plättchen. Trotz Gesetzmäßigkeit und Symmetrie gibt es eine enorme Formenvielfalt bei Schneekristallen, die durch Variation einfacher Grundmuster entsteht. Allein Wilson Bentley fotografierete über 6.000 verschiedene Schneekristalle.

Warum erscheint der Schnee weiß, obwohl er aus einzelnen, transparenten Eiskristallen besteht? Werden die drei Primärfarben Rot, Grün und Blau „gleichmäßig“ addiert, empfinden wir die Farben als Weiß. An den Schneekristallen werden alle Wellenlängen des Sonnenlichtes mit gleicher Intensität reflektiert, so dass es in der Summe wieder weiß erscheint.

Literaturhinweise:

- Häckel, Hans (2007): Klima und Wetterphänomene
- Erläuterungen von Herrn Prof. Dr. Werner Kuhs und Oberstudienrat Dirk Lüchow
- Leitfaden Allgemeine Meteorologie für die Ausbildung im DWD



Kerstin Lüchow
(Dipl.-Ing. agr.)
Tel. 07131 – 64 9999 6
kerstinluechow@web.de