

„Coronaler Flugverkehr“

Man spürt ganz deutlich, dass der Flugverkehr in unserer Coronakrise stark abgenommen hat. Kaum ein Jet mehr am Himmel. Wenige Kondensstreifen. Hat dies Auswirkungen auf unser Wetter? Ja, vor allem bei klarem Himmel. Die Kondensstreifen hindern als künstlich generierte Wolken tagsüber die Sonne daran, ihre volle Strahlungskraft bis zum Boden durchzusetzen. Bei klarem Himmel wird es somit etwas wärmer. In der klaren Nacht ist es umgekehrt: Die fehlenden Kondensstreifen sorgen dafür, dass der Erdboden seine Wärme ungehindert abstrahlen kann. Es wird somit nachts etwas kälter als bei vorhandenen Kondensstreifen.

Bei der Diskussion um den Klimawandel kam meines Erachtens der weltweit zunehmende Flugverkehr meist zu kurz. Ich will jetzt gar nicht auf die immensen Mengen von CO² in den Abgasen eingehen, die in wenigen Tagen durch die Jetstreams um den gesamten Globus verfrachtet werden. Bleiben wir bei den erwähnten Kondensstreifen. Diese können sich ausweiten und zu regelrechten Wolken werden und das Sonnenlicht abschwächen, denn Kondensstreifen sind ja im Prinzip Wolken. Sie gleichen in ihrer Struktur den Zirruswolken, die sich in Höhen zwischen 6 und 10 Kilometern bilden. Dort oben herrschen Temperaturen um minus 40 Grad, so dass der Wasserdampf in den Abgasen von Düsenflugzeugen unmittelbar zu Eiskristallen gefriert. Die dazu nötigen Kondensationskeime liefert der Jet in Gestalt von feinen Russpartikeln gleich mit. Dadurch wird ein Flugzeug für uns erst sichtbar, das sonst nur ein winziger Punkt am Himmel wäre. Normalerweise lösen sich Kondensstreifen schnell wieder auf – ihre Lebensdauer beträgt meist nicht mehr als ein paar Sekunden bis zu mehreren Minuten. Je nach Wetterlage können sie sich auch viele Stunden andauern. Wenn die Luft in dieser Höhe mit Feuchtigkeit schon fast gesättigt ist, bleiben die Kondensstreifen länger bestehen. Sie gehen in die Breite und sind als feine Schlieren oder Wolkenteppiche am Himmel sichtbar. Langlebige Streifen sind also ein Zeichen für hohe Luftfeuchtigkeit und damit in gewisser Weise auch ein Zeichen für eine bevorstehende Wetterverschlechterung.

Die Wasserdampfmenge, die ein Flugzeug ausstößt, ist allerdings gering im Vergleich zu der, die eine normale Wolke an Wasser enthält. Trotzdem können die Flugzeugabgase zur Wolkenbildung beitragen. Die Partikel, die aus dem Triebwerk strömen, können nämlich auch den schon in der Luft vorhandenen Wasserdampf zum Kondensieren bringen. So kann aus einem schmalen Kondensstreifen eine regelrechte Wolke entstehen, die eine recht große Fläche überstreicht. Inzwischen ist längst nachgewiesen, dass es in den großen Flugkorridoren tatsächlich einen höheren Grad an Bewölkung gibt. Der Mensch verändert somit gebietsweise die Strahlungsbilanz der Sonne durch den Flugverkehr, was Auswirkungen auf Wettererscheinungen haben kann. Manchmal nimmt das Wettergeschehen nämlich einen ganz anderen Verlauf als vorhergesagt, wenn die Ausgangsmessdaten nur ein bisschen verändert werden. Wenn dies nach der sog. „Chaostheorie“ bereits durch den Flügelschlag einer Möwe oder sogar vielleicht bereits durch den eines Schmetterlings bewirkt werden kann, dann doch wohl erst recht durch einen sich zur Wolke auswachsenden Kondensstreifen.

Die Luftfeuchte

Nichts ist bei Wetterbeschreibungen und Wetterprognosen wichtiger als die Angabe von Lufttemperaturen. Deren Werte nehmen stets eine Favoritenstellung unter den meteorologischen Maßeinheiten ein. Zu Recht, denn sie haben schließlich den größten Einfluss auf das Wettergeschehen. Sie sind verantwortlich für Druckunterschiede und somit

für unsere zahlreichen Windsysteme, die sich vertikal und horizontal täglich auf unserem Planeten zeigen.

Über die **Luftfeuchtigkeit**, also den in der Luft ständig vorhandenen unsichtbaren Wasserdampf, hört man meist wenig. Wie gesagt orientieren sich die Kondensstreifen der Flugzeuge an der Lufttemperatur und der Luftfeuchte. Nehmen wir uns jetzt einmal die Luftfeuchte besonders vor, denn diese ist schließlich für unsere Niederschläge in fester oder flüssiger Form verantwortlich. Während wir Menschen Temperaturen gefühlsmäßig recht gut beurteilen können, haben wir kein direktes Sinnesorgan für die in der Luft vorhandene Feuchte. Erst wenn unser Körperschweiß bei Anstrengungen unter höheren Temperaturen ab etwa 18 Grad C nicht mehr rechtzeitig verdunstet, die Abkühlung unserer Haut also problematisch wird, empfinden wir Luftfeuchtigkeit als eine unangenehme Schwüle.

Hinzu kommt, dass die Luftfeuchtigkeit nicht so einfach angegeben werden kann wie eine Temperatur. 20 Grad Celsius zum Beispiel ist für uns eine recht verständliche Angabe. Damit können wir erfahrungsgemäß etwas anfangen. Aber was bedeutet zum Beispiel 60 % Luftfeuchte? 60 % wovon? Was sind denn die 100 %? Warum nimmt man nicht eindeutigeren Maße, etwa eine Skala von 1 bis 12 (wie bei den Windstärken)? 1 gleich rappeltrocken, 6 gleich normale Feuchte und 12 gleich superfeucht, feuchter geht' s nicht mehr.

Nun, das liegt daran, dass man Temperaturwerte und auch die Windstärken linear angeben kann. Die Luftfeuchtigkeit hingegen hängt sehr stark von der jeweiligen Temperatur ab, enthält also einen exponentiellen Faktor. Die erwähnten 100 % Luftfeuchte sind je nach Temperatur sehr unterschiedlich. 100 % bei Null Grad bedeutet, dass nur etwa 5 Gramm Wasser in einem Kubikmeter Luft „hinein passen“. Bei 20 Grad sind es aber bereits über dreimal so viel, ca. 17 Gramm, und bei 30 Grad sage und schreibe etwa 30 Gramm Wasser, also sechsmal soviel wie bei Null Grad.

Jene temperaturabhängigen 100 % bezeichnet man als die jeweilige „Sättigungsfeuchte“ der angegebenen Temperatur. Die jeweilige Bezugstemperatur heißt auch „Taupunkt“. Dieser Name ist gut gewählt, denn steigt die Feuchtigkeit über 100 %, wird der vormals unsichtbare Wasserdampf als **Tau** oder in Form von Wolkenröpfchen ausgeschieden. Eine sinnvolle Aussage über die Luftfeuchte kann man also nur machen, wenn man diese **relativiert**, und zwar auf die Sättigungsfeuchte bei einer bestimmten Temperatur. Wir sprechen ja bekanntlich von „relativer Luftfeuchtigkeit in Prozent“.

Nun, wie kommt die jeweilige Angabe in Prozent zustande? Nehmen wir als Beispiel eine Temperatur von 20 Grad bei einer Feuchte von 17,32 g/qm. Das wären übrigens 100% rel. Feuchte bei 20 Grad. Steigt die Temperatur auf 25 Grad, beträgt die Sättigungsfeuchte nun 23,06 g/qm. Das sind nur noch 75% davon.

Haben Sie sich nicht schon einmal gefragt, warum es im Winter bei sehr kühlen Temperaturen keine extremen Regengüsse gibt wie sooft im Sommer? Die Luft kann einfach bei niedrigen Temperaturen nicht so viel Wasserdampf enthalten wie im warmen Sommer. Somit kann sie auch nicht so viel davon in gleichen Zeitintervallen ausscheiden. Zum Ausgleich muss es dann länger regnen oder schneien. Die gleiche Menge Niederschlag kann im warmen Sommer bei einem einzigen kurzen Gewitterguss vom Himmel prasseln. Jeglicher Platzregen bleibt also weiterhin für die warme Jahreszeit reserviert.

Ich sagte vorhin, dass wir Menschen kein direktes Sinnesorgan für die Luftfeuchtigkeit in unsichtbarer Dampfform, also den Wasserdampf besitzen. Erst bei so genannter Schwüle ändert sich das. Dann fangen wir nämlich an zu schwitzen, auch wenn wir uns bei der Arbeit kaum anstrengen. Der Begriff der Schwüle hat nämlich etwas mit der Luftfeuchtigkeit *und* der Temperatur zu tun. Ab etwa 14 g/qm Feuchtigkeit in der Luft wird die Kühlung der Haut durch Verdunstung der hauteigenen Feuchtigkeit eingeschränkt. Das Schweißwasser verbleibt auf ihrer Oberfläche und man beginnt, das Wetter als schwül zu empfinden. Jene Feuchtigkeitsmenge von ca. 14 g entspricht der Sättigungsfeuchte bei ca. 17 Grad C. Das Empfinden von Schwüle beginnt somit erst ab etwa 17 Grad C aufwärts bei bis zu 100% relativer Feuchte. Unter 17 Grad wird der Kühlungseffekt der Luft über unserer Haut so groß, dass auch bei hoher relativer Luftfeuchtigkeit die Empfindung von Schwüle immer mehr nachlässt. Bei 30 Grad Lufttemperatur genügen zur Empfindung von Schwüle bereits 44% relative Feuchte. Bei 25 Grad liegt der Wert bei ca. 60 %. Zugrunde liegt diesen Berechnungen der vorhin angeführte Wert von 14 Gramm Wasser je Kubikmeter Luft. Einfach gesagt: Das Empfinden von Schwüle beginnt von ca. 17 Grad an aufwärts bei relativ hoher Luftfeuchtigkeit. Davon hängt es ab, ob wir warme Luft als angenehm oder bedrückend empfinden. Die Lufttemperatur steigt linear an, die Luftfeuchte hingegen exponentiell. Deshalb gibt es für jede Temperatur eine nicht linear verlaufende Sättigungsmenge der Feuchtigkeit. Und das ist der Taupunkt.