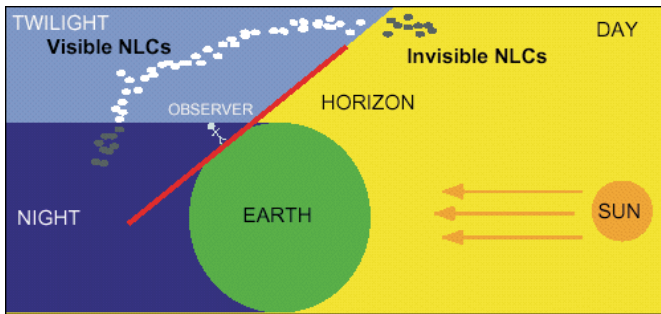


Nachtleuchtende Wolken - Anzeichen eines Klimawandels?

Nachtleuchtende Wolken - ein neuartiges Phänomen

Während schon in der Antike von Polarlichtern berichtet wird, datiert die erste Beobachtung von nachtleuchtenden Wolken (NLC = noctilucent cloud) auf 1885. Es ist sehr wahrscheinlich, dass es diese Erscheinung in früheren Zeiten nicht gegeben hat und ihr Auftreten Vorboten eines klimatischen Wandels ist.



Warum sind NLCs Vorboten einer klimatischen Wandels?

Eine Erwärmung der unteren Atmosphäre (Troposphäre) um 1 Grad Celsius hat eine Abkühlung der Mesosphäre (50 bis 85 km Höhe) um ca. 5 C zur Folge. Tatsächlich wurde in mittleren Breiten in den letzten 30 Jahren eine ähnliche Abkühlung gemessen. Gleichzeitig kommt eine Untersuchung der WMO (World Meteorological Organisation) zu dem Schluss, dass sich der Wasserdampfgehalt der mittleren Atmosphäre in den letzten 50 Jahren nahezu verdoppelt hat. Ungefähr die Hälfte des Anstiegs geht auf den anthropogenen Ausstoß von Methan zurück, das in der oberen Stratosphäre und Mesosphäre durch Reaktion mit OH in Wasserstoff umgewandelt wird. Die Quelle der anderen Hälfte ist noch unbekannt. Immer häufiger breiten sich NLCs bis weit in den Süden aus und können in den letzten Jahren nahezu regelmäßig in unserer Gegend beobachtet werden.

Wo und wann kann man NLCs beobachten ?

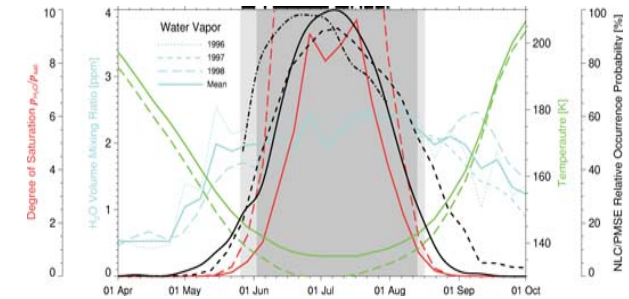
NLCs treten in ca. 82 km Höhe auf und stellen damit die höchste bekannte Wolkenschicht dar. Sie können in den Sommermonaten (Juni bis August) um Mitternacht herum gen Norden für ein bis drei Stunden beobachtet werden. Sie leuchten, weil sie von der Sonne angestrahlt werden, die sich ca. 6 bis 15 Grad unter dem Horizont befindet, während die Oberfläche und die untere Atmosphäre im Erdschatten liegt. Am häufigsten werden NLCs in ca. 60 bis 65 Grad nördlicher Breite gesehen.



Nachtleuchtende Wolke über der Nordsee, am 25. Juni 2005 kurz nach Mitternacht von Göttingen (Weende Nord) aus beobachtet. Die NLC dehnt sich in Ost-West und Nord-Süd Richtung über mehrere 100 km aus, ist aber nur ca 1 km dick. (Siehe auch Animation)

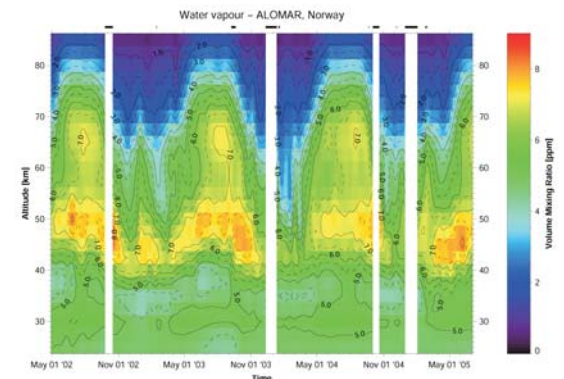
Wie entstehen NLCs?

NLCs bestehen aus Wassereis. Für deren Bildung müssen mindestens drei Bedingungen erfüllt sein:
 1) Sehr niedrige Temperaturen ($< -133\text{ C}$)
 2) Ein relativ hoher Wasserdampfgehalt in 80 bis 85 km Höhe ($> 2 - 5\text{ ppm} = \text{parts per million}$)
 3) Genügend Kondensationskeime (Quelle: Rauchteilchen verbrannter Meteoriten)
 Diese Bedingungen herrschen in der oberen polaren Sommermesosphäre.



Woher kommt die unbekannte andere Hälfte des Wasserdampfesanstiegs?

Es gibt eine Reihe von Spekulationen zu diesem Thema, z.B. ein Anstieg der Temperatur der tropischen Tropopause, Tropopausenfaltungen, verstärkter Staubeilchen- und Meteoriteneinfall, Modulation des Wasserdampfes durch Variationen in der UV-Strahlung der Sonne verbunden mit speziellen Zirkulationsmustern. Um die Frage beantworten zu können, muss der mesosphärische Wasserdampf und dessen Transport über einen langen Zeitraum kontinuierlich gemessen werden. Diese Messung ist schwierig und erfordert einen relativ hohen apparativen Aufwand. Die einzige Methode, um mesosphärischen Wasserdampf vom Boden aus zu messen ist die Mikrowellenspektroskopie. Das nebenstehende Gerät stellt den Prototypen eines solchen Spektrometers dar. Der Konturplot unten zeigt die vertikale Verteilung von Wasserdampf zwischen 25 und 85 km in der polaren Atmosphäre, gemessen mit einem unserer Spektrometer auf der Insel Andoya in Nordnorwegen.



Wie funktioniert das Mikrowellenspektrometer?

Das Gerät empfängt die Strahlung, die Wasserdampf auf 22.235 GHz ausstrahlt und analysiert sie mit Hilfe eines sogenannten Chirp Transform Spektrometers (CTS). Dabei hilft das Spektrometer herauszufinden, wieviel Strahlung aus welcher Höhe am Boden gemessen wurde. Aus der Intensität dieser Strahlung kann man berechnen, wieviel Wasserdampf sich in welcher Höhe befindet. Unser Instrument kann die Höhenverteilung von Wasserdampf zwischen ca. 25 und 85 km bestimmen.

Modellrechnungen mit einem Allgemeinen Zirkulationsmodell

Damit man die Bildungsmechanismen von NLCs besser versteht, muss man versuchen, die komplexen atmosphärischen Vorgänge (3-dimensionale, zeitlich abhängige Zirkulation, Atmosphärenchemie und physikalischen Prozesse) so genau wie möglich zu beschreiben. Die großen Fortschritte in der numerischen Mathematik und Rechenleistung der letzten Dekade ermöglichte es, so komplizierte Vorgänge wie die mikrophysikalischen Prozesse in und die Verteilung von mesosphärischen Eiskernen in ein allgemeines Zirkulationsmodell einzubetten. Die Ergebnisse der Modellrechnungen können anhand von Computeranimationen nebeneinander betrachtet werden. Dargestellt sind die Verteilungen von Wasserdampf (82 km Höhe), Eisteilchen (LIDAR-Rückstreuung) und deren Größe sowie die Geschwindigkeiten der zonalen, meridionalen und vertikalen Winde und schließlich der Temperatur (84 km Höhe).