

Gode Gravenhorst¹

Endlich Sommer. Das Wetter kann es nicht allen recht machen²

Das Wetter im Sommer kann es nicht Allen recht machen. Menschen mit unterschiedlichen Interessen erhoffen sich unterschiedliche Wetterbedingungen. Doch wohl fast alle Menschen in unserem Lebensraum in den mittleren geographischen Breiten freuen sich auf den Sommer. Zur gleichen Zeit herrschen in anderen Regionen auf der Erde Winter, Regenzeit oder Trockenheit. Wann erreicht uns aber der Sommer hier, wann beginnt er bei uns, wie wirkt er sich aus, wann endet er? Neben den sehr subjektiven Empfindungen, die wir alle mit einem Sommer verbinden, wurden von den Wissenschaften auch objektive Kriterien über den Sommervereinbart. Es gibt nämlich **drei unterschiedliche Definitionen für den Anfang und das Ende des Sommers**: eine astronomische, eine meteorologische und eine phänologische, die den Eintritt bestimmter sichtbarer, jedes Jahr wiederkehrender Entwicklungsstadien von Pflanzen als Zeitpunkt festlegt.

1. Der **astronomische Sommer** beginnt bei uns am 21. oder 22.Juni, an dem Tag, an dem die Sonne mittags bei uns am höchsten steht, also etwa 61 Grad über dem Horizont. Nach dem so definierten Sommeranfang sinkt der Höchststand der Sonne bis zum Niedrigstand kurz vor Weihnachten. Am 21. Dezember steht die Sonne bei uns am Mittag nur etwa 14 Grad über dem Horizont. Nach dem so definierten Sommeranfang am 21. Juni nimmt die maximale Sonneneinstrahlung bei uns wieder ab. Trotzdem können die Erdbodentemperatur und damit auch die Lufttemperatur nach dem Sommeranfang noch zunehmen. Die Sonne strahlt auch nach dem Sonnenhöchststand noch mehr Energie bei uns ein als die untere Grenzschicht der Atmosphäre durch Ausstrahlung und Wärmeleitung verliert. Die Erdoberfläche und damit auch die untere Luftschicht erreichen daher generell ihre höchste Temperatur etwa Ende Juli/ Anfang August, also etwa einen Monat nach dem Sonnenhöchststand am Sommeranfang im Juni. Der astronomische Sommer endet bei uns dann, wenn die Sonne mittags zum ersten Mal nicht mehr senkrecht über einem Ort auf der Nordhemisphäre steht, also etwa am 21.September, zu einem Zeitpunkt, an dem überall auf der Erde Tag und Nacht gleich lang sind.
2. Der **meteorologische Sommer** umspannt bei uns die Monate Juni, Juli und August, so dass die meteorologischen Beobachtungsdaten monatlich besser zusammengefasst und verglichen werden können. Der meteorologische Sommeranfang am 1. Juni ist also nicht symmetrisch zum Sonnenstand definiert, sondern er gewichtet die Zeit nach dem Sonnenhöchststand mehr als diejenigen davor. Damit wird berücksichtigt, dass die Erdoberfläche und die untere Luftschicht sich erst vom Winter her zum Hochsommer hin aufwärmen. Die Menschen sind oft mehr daran interessiert, wie warm es bei uns

¹ Professor Dr. phil.. Meteorologie und Luftchemie. Leiter des Instituts für Bioklimatologie an der Fakultät für Forstwissenschaften und Waldökologie, Georg-August-Universität Göttingen. Modellierungen und Feldmessungen der Interaktionen von Atmosphäre und Biosphäre.

² Dieser Text erschien in leicht veränderter Form in: Göttinger Zeitung, Nr. 23, 7. Juli 2006, S. 11.

ist, als daran, wie viel Energie pro Zeit- und Flächeneinheit von der Sonne bei uns ankommt. Auch bei sinkender täglicher Sonneneinstrahlung nach dem Sommeranfang erhält die Erdoberfläche nämlich immer noch mehr Sonnenenergie geliefert als sie an die nördlichen Breiten Wärmeenergie, an die Atmosphäre und an den Weltraum abgibt. Dadurch kann die Erdoberfläche bei uns auch nach dem Sonnenhöchststand, also nach dem astronomischen Sommeranfang, weiterhin noch wärmer werden. Diese Beobachtung kann man mit den Auswirkungen einer Heizplatte eines Kochherdes vergleichen: auch wenn die Heizplatte auf dem Kochherd von einem anfänglichen hohen Heizwert auf einen niedrigeren Wert zurückgedreht wird, kann das Wasser im Kessel, der auf der Heizplatte steht, noch wärmer werden.

3. Der Anfang des **phänologischen Sommers** wird am Auftreten bestimmter, mit dem Auge beobachtbarer Entwicklungsphasen von bei uns typischen Pflanzen festgelegt. Der phänologische Frühsommer beginnt mit der Blüte vom Schwarzen Holunder und der phänologische Hochsommer mit der Blüte der Sommer-Linde, der phänologische Spätsommer beginnt z.B. nach der Haferernte und endet mit dem Einzug des phänologischen Frühherbstes, der z.B. durch die Fruchtreife des Schwarzen Holunders und den Beginn der Laubverfärbung gekennzeichnet ist. Die sichtbaren Stadien und Entwicklungen der Pflanzen hängen von den Standorten der einzelnen Pflanzen und von den zurückliegenden Witterungsbedingungen ab. Eigenschaften eines Standortes von Pflanzen, also z.B. die Höhe über dem Meeresspiegel, die Ausrichtung nach den Himmelsrichtungen oder die Form der Umgebung (z.B. Tal, Hang, Kuppe, Sattel) oder die Bodenarten sind an einem festen Standort konstant. Was sich aber jedes Jahr für die Pflanze an diesem Standort stark ändern kann, das sind die atmosphärischen Bedingungen, die Wetterverläufe und die Witterungen. Der phänologisch definierte Sommeranfang basiert auf der Witterung und auf ihrem Einfluss auf die Pflanzen in der zurückliegenden Zeit, also vor dem Sommeranfang. Der phänologische Sommeranfang sagt also nur etwas über die Witterung der Zeit vor einem so definierten Anfang aus und nichts über die Zeit danach. Der phänologische Sommeranfang kann also nicht darüber informieren, ob überhaupt ein Sommer zu diesem Zeitpunkt anfängt. Im Übrigen haben Pflanzen nicht die Fähigkeit, das Wetter oder die Witterung vorherzusagen. In Millionen Jahre lang andauernder Entwicklung der Pflanzen hat es sich jedoch erwiesen, dass Entwicklungsstadien von Pflanzen zu diesen Zeitpunkten generell sinnvoll waren. Deshalb besteht eine gewisse Wahrscheinlichkeit, dass nach dem phänologischen Sommeranfangsstadium Wetter- und Witterungsverläufe eintreten, die man generell sommerlich nennen kann.

Die **Güte eines bestimmten Sommers** wird im Nachhinein oft an der bodennahen Lufttemperatur festgemacht. Entweder wird eine mittlere Lufttemperatur bewertet oder es werden maximale und minimale Lufttemperaturen als Maßstab genommen oder es werden Länge und Häufigkeit bestimmter Temperaturgrenzwerte als Richtschnur interpretiert. Auch werden andere Kenngrößen wie Sonnenscheindauer und Strahlungsenergie oder Niederschlagsmenge und Niederschlagshäufigkeit oder Windspitzen, Hagel- und Gewitterintensitäten als Bewertungsmaßstäbe für einen Sommer herangezogen. Einen extremen ungewöhnlichen Sommer gab es 2003, also vor drei Jahren. Die Meteorologen Schönwiese, Haeger, Trönel und Jonas von der Universität Frankfurt haben den Hitzesommer 2003 statistisch analysiert. Die über Deutschland gemittelte bodennahe

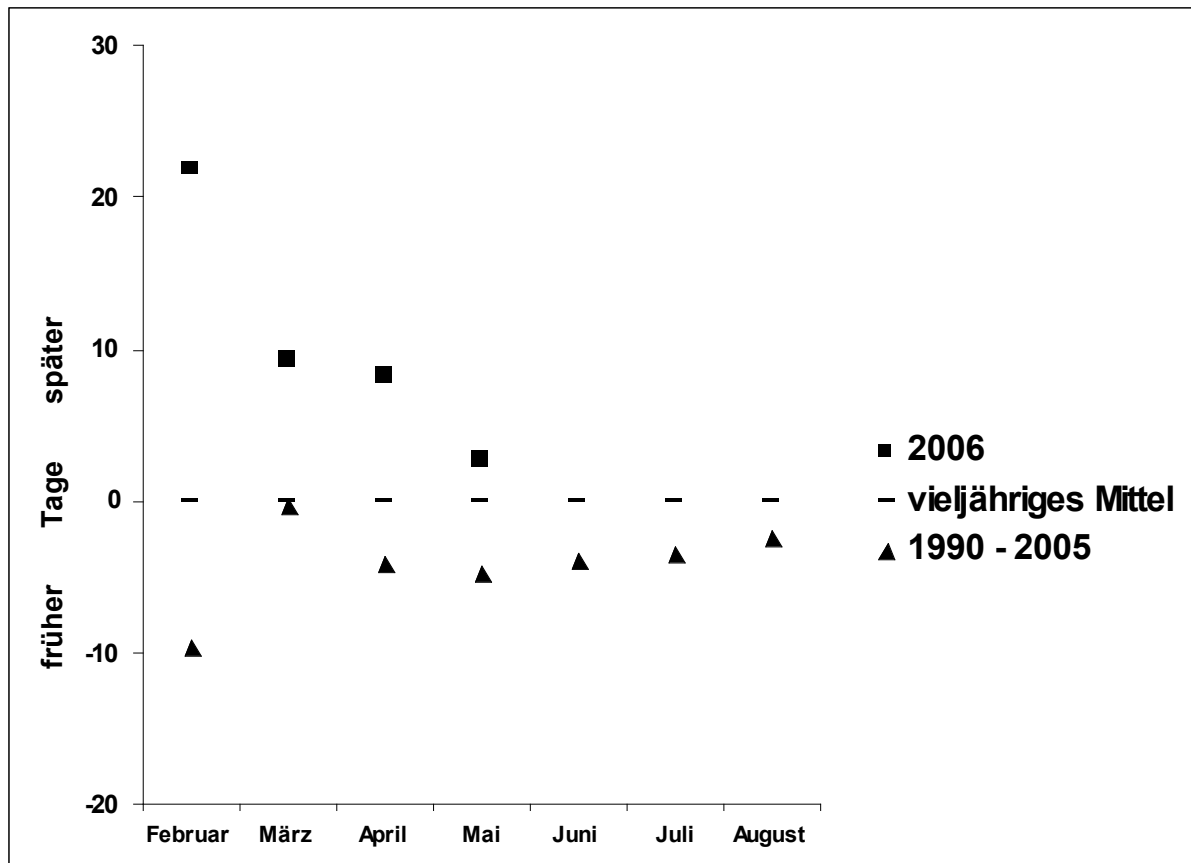
Lufttemperatur während der Sommermonate Juni, Juli und August lag um $+3.4^{\circ}$ Celsius höher als das vieljährige Temperaturmittel im Zeitraum 1960-1990. Die nächstheißten Sommer gab es in den Jahren 1947 ($+2.4^{\circ}$ Celsius) und 1992 und 1994 (jeweils $+2.2^{\circ}$ Celsius). Diese Messwerte machen deutlich, dass besonders in den letzten 15 Jahren die Sommertemperaturen wesentlich angestiegen sind. Von 1971 bis heute haben die Sommertemperaturen in Deutschland im Mittel um etwa 1° Celsius zugenommen. Diese Zunahmen der sommerlichen Lufttemperatur sind eingebettet in einen langfristigen Trend, der bei uns seit etwa 1880 anhält. Aber vorher nahm die Sommertemperatur von 1760, dem Beginn der Abschätzungen der flächengemittelten bodennahen Lufttemperatur in Deutschland, bis 1880 im mittleren Trend ab. Eine so hohe Sommertemperatur wie im Jahre 2003 ist jedoch bisher im Flächenmittel in Deutschland noch nicht gemessen worden.

Die **Wahrscheinlichkeit**, mit der ein **Rekordsommer** wie im Jahre 2003 auftritt, kann aus der Häufigkeit der vergangenen gemessenen Sommertemperaturen abgeschätzt werden. Da in der letzten Zeit hohe Sommertemperaturen gemessen wurden, hat diese Wahrscheinlichkeit in den letzten Jahren zugenommen und zwar um den Faktor 20. Trotzdem ist ein erneuter „Jahrhundertsommer 2003“ nach den bisher gemessenen Sommertemperaturen auch jetzt nur sehr unwahrscheinlich, denn ein ähnlicher Sommer sollte statistisch nach den in der Vergangenheit beobachteten Sommertemperaturen nur einmal in 455 Jahren auftreten.

In der **Vergangenheit** gab es schon **ein Jahr ohne Sommer**. Im April 1815 war der indonesische Vulkan Tambora (ca. 600 km östlich der Insel Java) explodiert. Der Ausbruch war so gewaltig, dass eine große Menge Schwefelgase in die obere Atmosphäre gelangte, die dort zu Partikeln aus Schwefelsäure umgewandelt wurde. Die Partikel verringerten die Sonneneinstrahlung überall auf der Erde so stark, dass das folgende Jahr 1816 als das Jahr ohne Sommer beschrieben wird. Es waren nicht die Millionen Tonnen Staub und Asche, die in die Atmosphäre geschleudert wurden, die die Kälte verursachten. Der Staub und die Asche fallen nämlich schnell wieder auf die Erde zurück, da sie relativ groß sind. Die Partikel aber, die in den höheren Luftschichten über zwölf bis fünfzehn Kilometer Höhe aus Vulkangasen gebildet werden, sind so klein, dass sie mehrere Jahre dort schweben und sich über den ganzen Erdball verbreiten können. Erst diese lange Verweilzeit und ihre bestimmte Größe können eine längere Witterungsänderung, ein Jahr ohne Sommer hervorrufen. #####

Die **Bedingungen**, die **in der Vergangenheit heiße Sommer** verursachten, können sich aber **in der Zukunft ändern**. Sie können sich so ändern, dass heiße Sommer verstärkt und vermehrt auftreten. In einer Reihe von wissenschaftlichen Untersuchungen der Atmosphäre wurde nämlich festgestellt, dass die Konzentrationen von Treibhausgasen in der Atmosphäre durch Aktivitäten des Menschen zugenommen haben und in der Zukunft weiter zunehmen werden. Treibhausgase, die in der ganzen Atmosphäre verteilt sind, lassen die Sonnenstrahlung ungehindert durch, sie absorbieren aber die vom Boden und der unteren Atmosphäre nach oben emittierte langwellige Strahlung und senden die absorbierte Energie zum Teil wieder zum Boden zurück. Dort kann dann die Lufttemperatur höher werden als sie ohne die zusätzlich von dem Menschen in die Atmosphäre abgegeben Treibhausgase wäre. Ein zeitlicher Trend zu einem generell wärmeren Klima hin zeigen Beobachtungen an Pflanzen, die seit etwa einem halben Jahrhundert durchgeführt werden. Die Beobachtungsorte sind über ganz Deutschland verbreitet. Als ein Beispiel sind hier die Beobachtungen des Agrarmeteorologischen Beratungsdienstes des Deutschen Wetterdienstes (DWD) in der

Abbildung aufgeführt. (Sie wurden uns freundlicherweise von Frau Dipl. Met. B. Klante, DWD, zur Verfügung gestellt.)



Diese Abbildung zeigt mittlere Eintrittsdaten von mehreren Pflanzenphasen, die in den einzelnen Monaten jedes Jahr vom Deutschen Wetterdienst in Geisenheim, Rheingau, beobachtet wurden (z.B. Februar: Haselblüte, März: Blattaustrieb von Rosskastanie, April: Fliederblüte, Mai: Blüte schwarzer Holunder, Juni: Ährenschieben Hafer, Juli: Winterweizen beginn der Gelbreife, August: Weissdorn Reifebeginn). Als Bezugsdatum (Tage = 0) für das Eintreten der Pflanzenstadien wurde das mittlere Eintrittsdatum aus den vieljährigen Beobachtungen gewählt.

Die Eintrittsdaten einzelner Pflanzenmerkmale sind in der Abbildung monatlich für drei verschiedene Jahreszeiträume zusammengefasst:

1. für einen sehr langen Beobachtungs-Zeitraum (maximal bis zu 56 Jahren)
2. für den Zeitraum 1990-2005 und
3. nur für das Jahr 2006

Alle Eintrittsdaten der verschiedenen Entwicklungsstadien (z.B. Schneeglöckchenblüte, Knospenaufbruch bei Stachelbeere, Apfelblüte, Fruchtreife der Johannesbeere) lagen in dem sehr warmen Zeitraum 1990-2005 um 5-10 Tage früher als im langjährigen Mittel. Im Jahr 2006 liegen sie bis zum Ende Mai alle später als im langjährigen Mittel. Die Entwicklungsstadien im Juni 2006 schließen jedoch zeitlich zu dem langjährige Mittel auf, da in diesem Jahr 2006 sowohl im Mai als auch im Juni wieder wärmere Witterung herrschte.

Die Werte für die diesjährigen Monate Juni, Juli und August sind noch nicht ausgewertet worden beziehungsweise liegen sie noch nicht vor

Der zeitliche Verlauf der bodennahen Lufttemperatur kann für die Vergangenheit ganz gut aus gemessenen Werten rekonstruiert werden, auch wenn es manchmal Schwierigkeiten bei langen Messreihen gibt, wenn z.B. der Standort kleinräumig gewechselt wurde, sich die Umgebung durch Bebauung geändert hat, andere Messgeräte eingesetzt wurden oder Beobachtungsanleitungen geändert wurden. Die zukünftigen Lufttemperaturen an einem bestimmten Ort können jedoch seriös nur für etwa eine Woche vorhergesagt werden. Allerdings können generell atmosphärische Eigenschaften unter bestimmten angenommenen Randbedingungen in die weitere Zukunft hinein projiziert werden, so dass eine **generelle Vorstellung von Witterung und Klima in den nächsten Jahrzehnten** erhalten werden kann.

Wenn die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre in der Zukunft weiter zunehmen, so soll - wie mit Computermodellen des Klimasystems der Erde berechnet wird - die bodennahe Lufttemperatur weltweit zunehmen: in den polaren Gebieten mehr als in den Gebieten der Tropen, im Innern der Kontinente mehr als über den Ozeanen. Dies ist allgemeiner wissenschaftlicher Konsens der Klima-Modellierer. Wie viel jedoch sich die bodennahen Lufttemperaturen lokal und regional erhöhen werden, kann im Einzelnen nicht genau projiziert werden. Das Klimasystem ist ein so komplexes System, dass das tägliche Wetter prinzipiell nicht langfristig vorhergesagt werden kann. Die mittleren Lufttemperaturen sowohl für den Sommer als auch für den Winter sollen nach den Computer-Modellen generell in weiterer Zukunft ansteigen. Es werden Werte von 1°C bis mehrere °C für die nächsten 80 bis 100 Jahre diskutiert, je nachdem welche Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre sich entwickeln und welche Startbedingungen in den Modellen angenommen werden.

Die Niederschläge sollen nach diesen Modellen in der weiten Zukunft in Deutschland im Sommer abnehmen, im Winter jedoch zunehmen. Dieser vermutete langfristige Trend deutete sich schon in der Vergangenheit an. In zukünftigen Sommermonaten kann der Boden wegen einer vermuteten stärkeren Wasserverdunstung und eines geringeren Niederschlages trockener werden. Wuchsbedingungen für Pflanzen und Mikroorganismen können sich daher in Zukunft verändern. Pflanzen können im Gegensatz zu Tieren und Menschen nicht laufen. Daher können sie keine für sie günstigeren Umgebungsbedingungen aufsuchen und sind daher den atmosphärischen Bedingungen an ihrem Wuchsort ausgeliefert. Landwirtschaftliche Kulturen können auf neue atmosphärische Bedingungen eher umgestellt werden als Wälder. Landwirtschaftliche Kulturpflanzen werden jedes Jahr gewechselt, so dass bei einem anderen Klima andere Arten oder Sorten von den Landwirten von Jahr zu Jahr neu ausgewählt werden können. Bäume haben jedoch eine lange Lebensdauer von manchmal mehreren hundert Jahren, so dass in der Forstwirtschaft schon heute bedacht werden muss, welche Wälder in hundert oder mehr Jahren unter den dann herrschenden atmosphärischen Klimabedingungen stabil und sinnvoll sind.

Die zukünftigen konkreten Änderungen in der Atmosphäre hängen von den **vieljährigen weltweiten Entwicklungen** ab (Landnutzungsänderungen, Strömungsänderungen der Ozeane, Spurenstoff-Emissionen in die Atmosphäre durch Aktivitäten der Menschen, Bevölkerungsentwicklung und Technik-Innovationen). Werden bestimmte Entwicklungen in

den **Computer-Modellen** sinnvoll angenommen, so können Bandbreiten des zukünftigen Klimas für diese Bedingungen mit einer gewissen Wahrscheinlichkeit projiziert werden. Die Klimaprojektion für die nächsten hundert Jahre dürfen jedoch nicht mit kurzfristigen konkreten Wettervorhersagen für die nächsten Tage verwechselt werden.

Klimabeschreibungen für die Zukunft geben nur Häufigkeiten von bestimmten atmosphärischen Eigenschaften in einem längeren Zeitraum für die angenommenen Bedingungen an. Sie kennzeichnen mögliche mittlere Werte atmosphärischer Eigenschaften und deren Schwankungen über einen großen Zeitraum. Klimaprojektionen werden stark durch die vermuteten Annahmen, die in diese Projektionen eingehen, bestimmt. **Klimaprojektionen kennzeichnen also nur Bandbreiten möglicher langfristiger Entwicklungen.** Sie sind **nicht mit kurzfristigen Wettervorhersagen aus atmosphärischen Computer-Modellen zu verwechseln, die längstens für eine Woche Wettererscheinungen konkret vorhersagen.**

Mit Wettervorhersagemodellen kann versucht werden, Wetterverläufe für die nächste Woche vorherzusagen, weil innerhalb einer Woche viele äußere Rahmenbedingungen sich nicht ändern: die Konzentrationen der Treibhausgase in der Atmosphäre bleiben konstant, die Landnutzung ändert sich in der kurzen Zeit nicht, die Ozeane zirkulieren nicht anders. Die äußeren Antriebe der Luftströmungen bleiben in der kurzen Zeit also verhältnismäßig überschaubar, nur die systeminternen Prozesse für die Verteilung der solaren Energie ändern sich von Ort zu Ort und von Tag zu Tag. Diese Änderungen werden für die nächsten Tage in den Wettermodellen so gut wie möglich vorhergesagt. Klimaprojektion jedoch, die mit gekoppelten Computer-Modellen der Atmosphäre, der Ozeane und der Vegetation quantifiziert werden, können nur einen langfristigen Trend abschätzen. Sie lassen vermuten, dass in etwa 80 Jahren die bodennahe Lufttemperatur in Deutschland im Sommer um einige Grad Celsius höher liegen wird, in Norddeutschland weniger als im Süden von Deutschland.

In diese langfristige Klimaprojektion geht auch ein, wie sich die Kohlendioxidkonzentration in der Atmosphäre in der Zukunft entwickelt. Um diese Entwicklung abschätzen zu können, müssen wir wissen, wie viel Kohlendioxid bei der Verbrennung von Energieträgern (z.B. Kohle, Öl, Gas, Biomasse, Benzin, Diesel, nachwachsende Rohstoffe) in die Atmosphäre abgegeben wird, wie viel Kohlendioxid die Ozeane aus der Atmosphäre aufnehmen und in die Atmosphäre abgeben, wie viel Kohlendioxid in der Atmosphäre verbleibt, aber auch wie viel Kohlendioxid von Waldböden in die Atmosphäre gelangt und wie viel Kohlendioxid von den Bäumen weltweit aufgenommen und abgegeben wird. Das **Institut für Bioklimatologie der Georg August Universität in Göttingen** bemüht sich, diese **Kohlendioxidflüsse zwischen Atmosphäre und Wäldern** durch Feldmessungen und Modellrechnungen in tropischen und in gemäßigten Klimaten zu quantifizieren. Es trägt daher dazu bei, den **Kohlendioxidkreislauf im weltweiten Klimasystem** zu erklären und damit eine bessere Klimaprojektion zu ermöglichen. Es ist nämlich **gefährlich, Trends aus der Vergangenheit in die Zukunft hinein zu projizieren, wenn nicht die Prozesse verstanden werden, die in der Vergangenheit zu diesen Trends geführt haben.**

Sommerliche Witterungen werden heute von uns **unterschiedlich bewertet**. Freizeit- und Getränkeindustrie freuen sich über sommerliche Hitzewellen. Verhältnismäßig viele Menschen sterben jedoch bei Hitzewellen an den dann auftretenden Wärmebelastungen für den menschlichen Organismus. Bestimmte Bevölkerungsgruppen können Wärmebelastungen nicht kompensieren (vor allem kranke ältere Menschen in Großstädten). Im Hitzesommer 2003 starben wegen dieser Belastung mehr Menschen als normal. Diese thermische Belastung

des Menschen kann durch eine „**Gefühlte Temperatur**“ quantifiziert werden, wie sie Mitarbeiter der medizin-meteorologischen Beratungsstelle des Deutschen Wetterdienstes in Freiburg erarbeitet haben und laufend bewerten. Die Gefühlte Temperatur ist eine errechnete Temperatur der Umgebung eines Menschen, die das gleiche Behaglichkeitsgefühl hervorrufen würde, die ein Durchschnittsmensch (z.B. Lieschen Müller als „Klima-Michel“) in der realen Umgebung (also z.B. bei den herrschenden Windverhältnissen, der augenblicklichen relativen Luftfeuchte und der momentanen Sonneneinstrahlung) einschätzt oder „fühlen“ würde. Diese errechnete Gefühlte Temperatur korreliert sehr eng mit dem **thermischen Belastungsgrad eines Menschen**. Da sich der Organismus des Menschen an die thermische Belastung anpassen kann, ist der Belastungsgrad bei einer gleichen Gefühlten Temperatur nicht immer gleich. Eine starke körperliche Wärmebelastung wird im Frühjahr schon bei einer Gefühlten Temperatur von etwa 20°C empfunden, im Hochsommer aber erst bei etwa 30°C. Besonders Organismen von alten und kranken Menschen können sich schlecht an Hitzestress anpassen. Diese Menschen können sich selbst zusätzlich auch weniger aktiv vor dem Hitzestress schützen. Diese Bevölkerungsgruppe ist also besonders durch einen außerordentlich heißen Sommer gesundheitlich gefährdet. Der Deutsche Wetterdienst warnt auf seiner Internetseite vor aktuellem Hitzestress (<http://www.dwd.de/de/WundK/Warnungen/Hitzewarnung/>).

Aber auch **andere Organismen** werden durch ein sich **änderndes Klima** in ihren Lebensbedingungen **gefördert** oder **behindert**, so dass sich z.B. die Land- und Forstwirtschaft auf neue Herausforderungen einstellen muss. So könnte sich die Rebsorteneignung für eine bestimmte Anbaulage wesentlich verändern. An Stelle der Sorten Müller-Thorgau oder Riesling könnten dann die wärmeliebenderen Sorten Merlot oder Savignon oder Cabernet für den Anbau besser geeignet sein. Pflanzenkrankheiten könnten aus anderen Gebieten zu uns einwandern, so dass z.B. einjährige landwirtschaftliche Kulturen, Obstgehölze und Wälder, die an die bisherigen Witterungen angepasst sind, neuen biologischen Gefahren ausgesetzt sein können, die durch klimatische Änderungen in der Vegetationszeit hervorgerufen werden. Aber auch winterliche Eigenschaften der Atmosphäre haben Auswirkungen im Sommer. Die Populationsentwicklungen von Mikroorganismen, Pflanzen und Tieren können wesentlich von den Bedingungen im Winter abhängen, so dass kooperierende und konkurrierende Wechselwirkungen zwischen den einzelnen Populationen in ihren Lebenszyklen sich wesentlich verschieben können. Aber auch andere **klimasensitive Sektoren** können **von Änderungen des Klimas betroffen** werden. Der Tourismus und das Transportwesen, der Naturschutz und die Wasserwirtschaft werden sich Gedanken machen müssen, ob und wie sie sich anpassen sollten.

Die **Wissenschaften vom Klimasystem der Erde** haben – ebenso wie die Wissenschaften von der Biosphäre – in den letzten Jahren große Fortschritte gemacht. Trotzdem ist es immer noch **schwierig oder unmöglich, die heutigen Wechselwirkungen zwischen Atmosphäre und Biosphäre zu erkennen und nachzuvollziehen**. Umso schwieriger ist es, zukünftige Entwicklungen zu beurteilen. Es gibt daher keine Alternative zu unseren **wissenschaftlichen Anstrengungen, diese bioklimatischen Prozesse zu erfassen und zu erklären, wenn die Zukunft möglichst realistisch beurteilt werden soll**.

Meine heutige Beurteilung der Wetter- und Klimabedingungen beruht auf vielen wissenschaftlichen Informationen, Interpretationen und Meinungen. Besonders die

Endlich Sommer

Klimastatusberichte des Deutschen Wetterdienstes in Offenbach mit ihren interessanten Beiträgen vieler Autoren und Autorinnen haben dieses Bild abgerundet.

Obwohl wir alle nicht wissen, wie der Sommer dieses Jahr noch ausfallen wird, **hoffe** ich doch, dass eine **Astronomie, eine Meteorologie und eine Phänologie der Farben und Gefühle uns auch in diesem Sommer noch sehr erfreuen werden.**