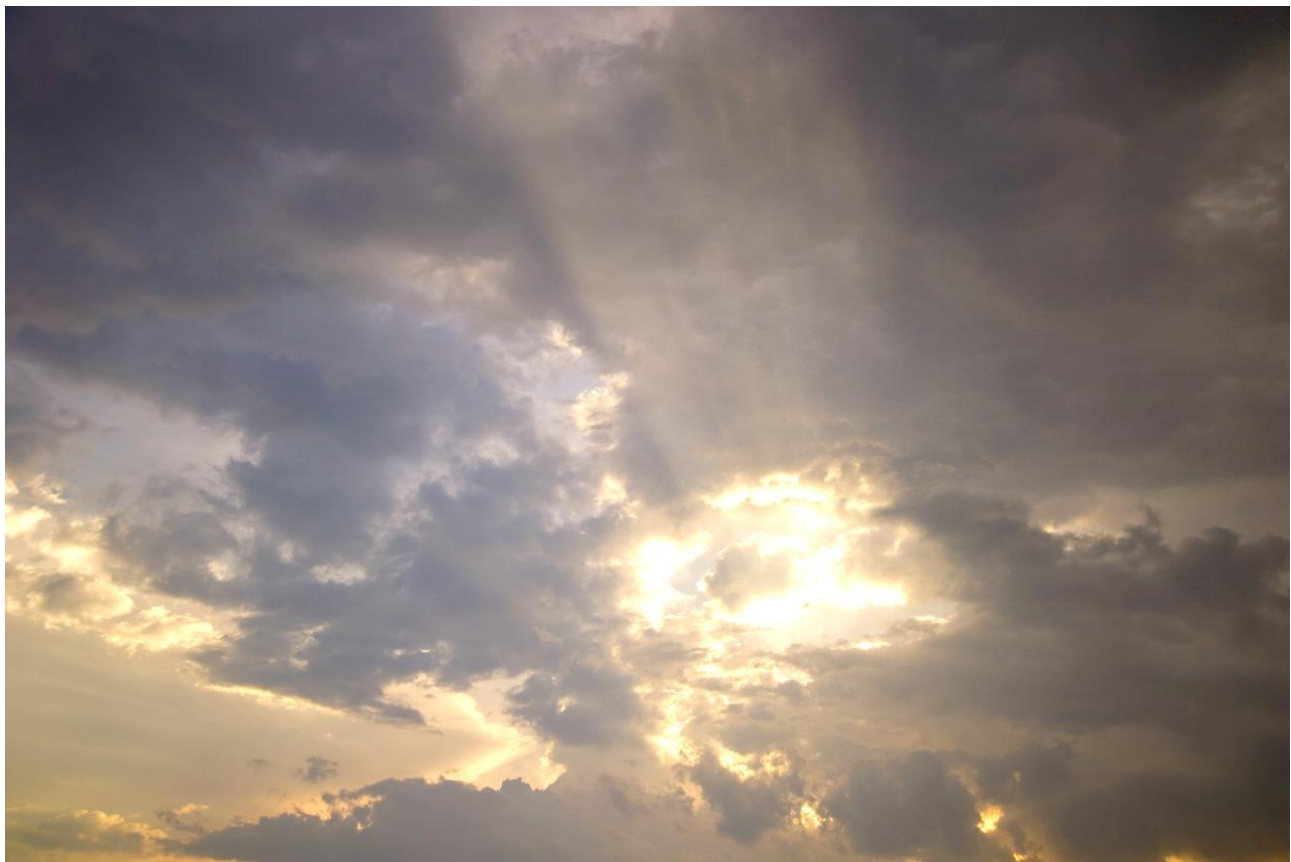


Eberhard-Karls-Universität Tübingen  
Geographisches Institut  
Hauptseminar: Klimawandel, Klimageschichte der Erde, Klimatologie  
Dozent: PD Dr. Stefan Klotz  
Sommersemester 2008

# Moderne Wetterbeobachtungen



**Seminararbeit von:**

Juliana Busch

7. FS Geographie, Spanisch  
3.FS Deutsch (Lehramt)  
Matrikelnummer: 2746113  
JulianaBusch@gmx.de

## Inhaltsverzeichnis

Einleitung.....	3
1. Die Meteorologie	
1.1 Die Entwicklung der Meteorologie.....	3
1.2 Die Wetterbeobachtung.....	4
2. Wetterstationen.....	5
3. Radiosonden.....	6
4. Niederschlagsradar.....	7
5. Wettersatelliten.....	9
6. Satellitenkanäle.....	12
7. Luftbildauswertungen.....	14
8. Bauernregeln und Lostage.....	14
9. Genauigkeit der modernen Wetterbeobachtung.....	15
10. Die Vertrauenswürdigkeit der modernen Wetterbeobachtung.....	17
Fazit.....	17
Literaturverzeichnis.....	19
Internetverzeichnis.....	19

## **Einleitung**

Seit Jahrzehnten beschäftigen sich die Menschen mit der Frage: „Wie wird das Wetter morgen?“. Besonders seit dem Sesshaft werden ist diese Frage immer wichtiger geworden, da die Menschen z.B. Ackerbau betrieben und das Wetter ausschlaggebend für ihre Ernte war. Sie begannen somit das Wettergeschehen zu beobachten und versuchten Gesetzmäßigkeiten aufzustellen. Viele dieser Gesetzmäßigkeiten finden wir heute noch in den Bauernregeln wieder, die wir auch jetzt noch gerne anwenden. Im Laufe der Entwicklungsgeschichte der Meteorologie sind immer neuere, modernere Techniken entstanden, um das Wetter zu bestimmen und Vorhersagen zu machen. Neben Wetterstationen finden heute Wetterballons, Radare, Luftbildauswertungen und satellitengestützte Messungen statt. Die Vielzahl der Möglichkeiten, das Wettergeschehen festzuhalten und durch Erfahrungen der Vergangenheit Aussichten auf das Wetter der Zukunft zu machen, ist heute groß. Auf der ganzen Welt gibt es solche Wetterbeobachtungen. Doch sind diese Messungen wirklich so genau? Wie Vertrauenswürdig ist eigentlich der Wetterbericht? Diesen Fragen möchte ich, nach der Erläuterung verschiedener moderner Wetterbeobachtungstechniken, nachgehen.

## **1. Die Meteorologie**

### **1.1 Die Entwicklung der Meteorologie**

Die Bezeichnung „Meteorologie“ kommt aus dem Griechischen und wurde von Aristoteles Abhandlung „Meteorologica“ abgeleitet. „Meteoros“ bedeutet dabei „in der Luft schwebend“. Früher war es nicht der Zufall der das Wetter bestimmte, sondern es gab Gesetzmäßigkeiten, nach denen Vorgänge in der Atmosphäre ablaufen.

Wetterbeobachtungen haben die Völker schon zu allen Zeiten gemacht. Dabei wurden vor allem regionale Erfahrungen gemacht, die sich bis heute als Volksweisheiten (Bauernregeln, LOSTAGE) erhalten haben (MAYER 1998: 6). Besonders den Entdeckungen physikalischer und chemischer Gesetze hat die heutige Wetterbeobachtung viel zu verdanken. Somit begannen regelmäßige Wetteraufzeichnungen in Europa bereits im 14. Jahrhundert. Wichtige theoretische Grundlagen für die Entwicklung der Meteorologie lieferten die Fortschritte in der Thermodynamik und Hydrodynamik. Erst exakte Messungen der Wetterelemente, moderne Beobachtungsgeräte und die Organisation eines Netzwerkes von Beobachtungsstationen zum Sammeln von Wetterdaten ermöglichten eine wissenschaftliche Wettervorhersage. Die Erfindung des Telegraphen Mitte des 19. Jahrhunderts gestattete einen schnellen Austausch der Wetterdaten zwischen den Stationen. Weiter konnten Wettervorhersagen und tägliche Wetterkarten erstellt werden. Während des ersten Weltkrieges wurde der Flugwetterdienst entwickelt. Norwegische Meteorologen entdeckten unter der Leitung von Vilhelm Bjerknes, dass aufeinander einwirkende Luftmassen Zyklonen erzeugen (DREESBACH 2008). Die Erfindung von Radiosonden erlaubte die Erforschung der höheren Atmosphäre. So wurde neben dem Jetstream das Wetterradar und der Strahlstrom entdeckt. Durch den Einsatz von Computern ergab sich 1950 die Möglichkeit, die Grundlegenden Theorien der Hydrodynamik und der Thermodynamik auf das Problem der Wettervorhersage anzuwenden. Im Jahre 1960 wurde der erste Weltsatellit (TIROS) auf die Polumlafbahn geschickt. 1977 wurde das „Europäische Zentrum für

mittelfristige Wettervorhersagen“ gegründet und der erste europäische Wettersatellit, die geostationäre METEOSAT gestartet. Heute sind Computer aus der Wettervorhersage nicht mehr wegzudenken (DREESBACH 2008).

## **1.2 Die Wetterbeobachtung**

Die Meteorologie wird heute als die Wissenschaft der Atmosphäre in ihrer Gesamtheit bezeichnet und schließt dabei auch die mittleren Zustände (Klimatologie) mit ein. Die Grenzen sind dabei nur schwer zu fassen, da viele Wissenschaften wie die Physik, Chemie und Biologie mit einfließen. Daher wird die Meteorologie in Teilgebiete aufgeteilt. Die wichtigsten sind dabei: die Theoretische Meteorologie, die Experimentelle Meteorologie, die Klimatologie und die Angewandte Meteorologie zu der häufig die Wettervorhersage gerechnet wird (FOKEN 2006: 1).

Die Wetterbeobachtung ist dabei die Grundlage für jede Wettervorhersage und Klimaforschung. Die Anwendung des Wetterbegriffs betont meist die Aspekte der unregelmäßigen, kurzzeitigen Veränderlichkeit und der relativ großräumigen Veränderlichkeit des atmosphärischen Zustands. Die Klimatologie befasst sich demgegenüber mit der zeitlichen Gesamtheit des atmosphärischen Zustands über einen größeren Zeitraum und wird durch den mittleren Zustand, d.h. die Mittelwerte der auftretenden Schwankungen beschrieben (FLEMMING 1991: 12). Die sich in den letzten 50 Jahren verstärkt herausgebildete Betrachtung raumzeitlicher Maßstabsbereiche hat zu einer Unterteilung in Makro-, Meso- und Mikrometeorologie geführt. Die Meso- und Makrometeorologie befasst sich mit größeren Maßstäben. Dabei erstreckt sich das Gebiet zum Teil auf größere geographische Gebiete, einen Kontinent oder sogar die Erde.

Die Mikrometeorologie ist jedoch lediglich auf ihren zeitlichen und räumlichen Maßstab beschränkt und stellt daher keine Einschränkung hinsichtlich des Umfangs der Untersuchungsobjekte in der Atmosphäre dar (FOKEN 2006: 2). Der Maßstab erstreckt sich hierbei auf Größeneinheiten die bis zu 1 km reichen und Zeitmaßstäben von einem Tag. Der Gegenstand der Mikrometeorologie ist der untere Bereich der atmosphärischen Grenzschicht, speziell der Bodenschicht. Hier werden vorwiegend die meteorologischen Messungen durchgeführt (FOKEN 2006: 187). Täglich und möglichst kontinuierlich werden die Wetterelemente wie Temperatur, Feuchtigkeit (im Boden und in der Luft), Wind, Luftdruck, Wolken und der Niederschlag gemessen. Weiter wird auch die Strahlung der Sonne und ihre Umsetzung am Boden erfasst. Dabei werden Mittelwerte errechnet, die in die Klimatologie mit einfließen. Um das Wetter möglichst genau vorhersagen zu können, sind die Dimensionen Raum und Zeit von besonderer Bedeutung. Daher müssen möglichst ständige und flächendeckende Messtechniken angewandt werden. Dies ist heute aufgrund von moderner Messtechniken (Radar, Satellit, Radiosonden etc.) möglich (BALZER & ENKE & WEHRY: 1998: 9-13).

## 2. Wetterstationen

Eine Wetterstation ist die Zusammenstellung verschiedenster Messgeräte, die zur Messung meteorologischer Größen und damit der Wetterbeobachtung dienen. Es werden dabei meist die Wetterelemente in Bodennähe gemessen. Zu den Messgeräten gehört das Bodennessfeld mit mindestens einem Regenschirm sowie einer planierten Stelle für eventuelle Schneehöhen, das Erdbodenthermometer, das Bodenthermometer, ein Regenschirm, Bodenwassermessgeräte und die Windmessgeräte. Der Luftdruck wird an meteorologischen Stationen mit einem Barometer gemessen. Für die Messung und Registrierung der kurz- und langwelligen Strahlungsflüsse werden im Netzbetrieb vor allem thermo-elektrische Pyranometer verwendet. Damit ist der gesamte Wärmefluss der untersten Atmosphäre erfassbar (HUPFER & KUTTLER 2005: 173). Die Sonnenscheindauer wird anhand eines Sonnenscheinautographen nach Campbell-Stokes errichtet. Die Luftfeuchte wird mit einem Psychrometer gemessen. Kernstücke der analogen Wetterstationen sind die sogenannten „Wetterhütten“ oder „Englischen Hütten“.

### Eine Wetterhütte



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.08.2008)

### Eine Wetterstation



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)

Diese amtlichen Hütten bestehen aus einem weißen Holzkasten, mit einem abgeschrägten Dach und weitgehend offenen Boden (HÄCKEL 2005: 379). Die in ihr enthaltenen Thermometer sind sonnen- und nässegeschützt und wegen der Lamellenwände gut belüftet. Außerdem sind sie nicht der direkten Strahlung ausgesetzt. Damit können Messfehler weitgehend vermieden werden. Die WMO (Weltmeteorologische Organisation) hat genaue Vorschriften für die Aufstellung solcher Geräte herausgegeben. Alle Wetterhütten sind so gebaut, dass die Geräte in 2 m Höhe oberhalb der untersten, von der Erdoberfläche am stärksten beeinflussten Luftschicht stehen (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 14). Die Wetterstationen sind so aufgestellt, dass sich die Türen nach Norden öffnen, um beim Ablesen der Instrumente ein Einfallen direkter Sonnenstrahlung zu verhindern (HUPFER & KUTTLER 2005: 176). Die Jalousien sind pagodenförmig

angeordnet, so dass auch keine Strahlung vom Boden eindringen kann. Neben der Strahlung übt auch der Erdboden als Energieumsatzfläche einen Einfluss aus. Für die Standardmessung hat man deshalb die Messhöhe von 2 m über kurz geschnittenem Gras festgelegt (HÄCKEL 2005: 379). Zusätzlich zu der Wetterstation muss jemand diejenigen Wetterelemente aufnehmen, die üblicherweise nicht gemessen werden können: Augenblickliches Wetter, Sichtweite anhand von Sichtmarken in der Umgebung sowie die Bewölkungsmenge und Bewölkungsart. In Deutschland werden die ca. 200 Wetterstationen überwiegend vom Deutschen Wetterdienst (DWD) und dem Geophysikalischen Beratungsdienst der Bundeswehr gemessen und gemeldet (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 15). Ein modernes Konzept des Deutschen Wetterdienstes ist das Messnetz 2000. Dabei bilden neu entwickelte, automatische meteorologische Stationen das Rückgrat des Bodenmessnetzes. Durch diese Modernisierung wird die lückenlose Versorgung der Dienste und ihrer Nutzer mit räumlich und zeitlich dem Stand der atmosphärischen Wissenschaft angepassten Daten angestrebt (HUPFER & KUTTLER 2005: 184).

### 3. Radiosonden

Für die Zwecke der Wettervorhersage interessieren nicht nur die meteorologischen Bedingungen in Bodennähe, sondern auch in den verschiedenen Höhen der Atmosphäre. Früher wurden dazu Drachen- und Flugzeugaufstiege durch, bei denen robuste Standardmessgeräte an Bord waren. Heute werden dafür allgemein sogenannte Radiosonden verwendet.

#### Die Radiosonden (Wetterballons)



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)

Dadurch können die vertikalen Werte gemessen werden. Die Radiosonde wurde bereits 1929 entwickelt (MALBERG 2007: 208). Schon in den 30er Jahren entstand ein Radiosondenmessnetz vor allem in Europa und den USA, mit dessen Messwerten tägliche Höhenwetterkarten erstellt werden konnten (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 16). Eine Radiosonde ist ein Messsystem, dass von einem Ballon in die

Atmosphäre hochgetragen wird und dabei die aufgenommenen Messwerte zu einer Bodenstation funkt. Radiosonden bestehen aus drei Einheiten. Erstens besitzen sie einen Messfühler für Luftdruck, Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte. Zweitens haben sie einen Messwertwandler, der die Signale dieser Fühler in eine funkübertragbare Form wandelt. Die dritte Einheit ist ein Kurzwellensender, der die Funksignale ausstrahlt. Um den Aufwand der Radiosonde möglichst gering zu halten, werden zunehmend Messfühler eingesetzt, die alle nach einem einheitlichen Prinzip, nämlich der Kapazitätsmessung, arbeiten. Früher wurde die Lufttemperatur und die relative Luftfeuchte häufig über den elektrischen Widerstand eines entsprechenden Fühlersystems gemessen. Je kleiner die Messfühler sind, desto schneller reagieren sie auf Temperatur- bzw. Feuchteänderungen und desto kleiner bleibt auch das Gewicht der Radiosonde. So werden heute Kugelthermometer mit nur einem Durchmesser von 0,2 mm verwendet. Dadurch kann das Gesamtgewicht der Radiosonde auf weniger als 200g gedrückt werden. Die gesamte Messeinrichtung wird in einem kleinen Styroporkästchen untergebracht. Zur Messung wird die Radiosonde von einem mit Wasserstoff oder Helium gefüllten Gummiballon mit einer durchschnittlichen Steiggeschwindigkeit von 5 m/s nach oben getragen (HÄCKEL 2005: 415). Während des 30 km langen Aufstiegs, bei Gipfelhöhen sogar 50 km, werden die Messwerte während des im Mittel etwa 90 Minuten dauernden Aufstieges in einem bestimmten Modus an die Bodenstation gesendet (HUPFER & KUTTLER 2005: 180). Aus der Abtrift des Ballons lassen sich Windrichtung und Windgeschwindigkeit fortlaufend bestimmen, während die zugeordneten Höhen aus der Druckmessung über die barometrische Höhenformel folgen (MALBERG 2007: 209). Um eine exakte Windmessung zu erhalten, wird das Ballongespann mit einem Radargerät, einem Radiotheodoliten oder über das Satellitennavigationssystem GPS erreicht (HÄCKEL 2005: 416). Mit zunehmender Höhe dehnt sich der Gummiballon infolge des abnehmenden Außendrucks immer mehr aus und platzt schließlich. Instrumente und Sender gelangen an einem kleinen Fallschirm zu Boden, sind aber in der Regel nicht wiederverwendbar (MALBERG 2007: 209). Die Messergebnisse werden während des Aufstieges in einem Frequenzbereich von 403 bis 405 MHz zur Bodenstation übertragen. Dort wird aus ihnen ein atmosphärisches Druck-Temperatur-Feuchte-Profil erstellt, das dann weltweit an alle Wetterdienste verbreitet wird. Derartige Profile werden an etwa 800 Aufstiegsstellen auf der ganzen Welt zwei- bis viermal pro Tag zu gleichen Zeiten erstellt (HÄCKEL 2005: 416). Eine große Bedeutung kommt den Messungen dem Flugverkehr und der numerischen Wettervorhersage zu (MALBERG 2007: 209).

#### **4. Niederschlagsradar**

Beim Niederschlagsradar können atmosphärische Werte vertikal und horizontal gemessen werden (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 17). Seit den 60er Jahren wird die Intensität und Verteilung der Radarechos, die durch rotierende Antennen erhalten werden, auf Monitoren in Kartenform dargestellt. Auf diese Weise wird dass Herannahen von niederschlagsintensivem Wetter, insbesondere der Fronten und Okklusionen, frühzeitig erkannt und deren Verlagerung recht genau vorhergesagt. Daher wird das Radar zur Kürzestfristvorhersage gezählt (HÄCKEL 2005: 389). Auch die Höhenentwicklung der Bewölkung kann bestimmt werden.

## Ein Niederschlagsradar



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)

Die Radarmeteorologie wurde daher vor allem für den Luftverkehr zu einem wertvollen Hilfsmittel. Aber auch die kurzfristige Wettervorhersage und der Unwetterdienst haben davon sehr profitiert. Einen wesentlichen Fortschritt hat das System Konrad gebracht, das nicht nur die Verlagerung einzelner Gewitter- oder Hagelzellen, sondern auch deren Intensivierung oder Abschwächung vorhersagt (HÄCKEL 2005: 412). Das Wetterradar beruht auf dem Prinzip, dass ein vom Gerät ausgesandter elektromagnetischer Impuls von den fallenden Niederschlagsteilchen, also von Regentropfen, Schneeflocken, Graupel- oder Hagelkörnern zurückgestreut und ein Teil der abgestrahlten Energie vom Empfangsteil des Radars wieder aufgenommen und gemessen wird. Da sich die Entfernung aus der (halben) Laufzeit der Impulse zwischen Aussendung und Empfang ergibt und die Echointensität vom Gerät gemessen wird, lässt sich somit die Niederschlagsintensität mit einer Radargleichung abschätzen. Außerdem kann die Zugbahn der Regengebiete und Schauerzellen auf dem Radarschirm laufend verfolgt und aus ihr die weitere Verlagerungsrichtung und Verlagerungsgeschwindigkeit, d.h. ihr Bewegungsvektor, bestimmt und für die Kurzfristprognose verwendet werden (MALBERG 2007: 209).

Mit dem Fortschritt in Wissenschaft und Technik wurde eine zunehmend detailliertere Auflösung und Deutung der Radarechos möglich. Radargeräte werden stationär oder mobil am Boden, auf Luftfahrzeugen und Satelliten eingesetzt. Weiter bilden sie die Grundlage für Warnungen von besonderen Wettererscheinungen wie Hagel, Sturm oder Starkniederschläge. Eine weitere wichtige Anwendung für Radargeräte ist die Bestimmung von Niederschlagsraten in der Reichweite einer Anlage (vorzugsweise mit Strahlung der Wellenlänge von 5 cm – 6 cm). Da die Echostrahlung durch Größe und Dichteverteilung der Niederschlagstropfen wesentlich bestimmt wird, können Niederschlagsgebiete durch das Radar geortet werden. Die mittlere Energie, die von Niederschlag reflektiert und empfangen wird, beschreibt die meteorologische Radargleichung. Fehlerquellen stellen die Einflüsse von Bodeneigenschaften und Überreichweiten dar. Da die Koeffizienten der Gleichung jedoch sehr variabel sind, ist die Bestimmung von



Flächenniederschlagsdaten als Tages- und Monatswerte noch unsicher, wenn gleich die Radar-Niederschlagsmessung in Wetterdiensten bereits genutzt wird (HUPFER & KUTTLER 2005: 194).

Eine weitere Verbesserung in der Radartechnik hat die Anwendung des *Dopplereffektes* gebracht. Nicht nur die vom Sender ausgesandten, sondern auch die vom Ziel reflektierten Radarwellen zeigen diesen Effekt. Wenn die empfangene Frequenz höher als die Sendefrequenz ist, dann bewegt sich das Ziel auf den Standort zu. Ist sie tiefer, dann bewegt es sich weg. Aus der Differenz der beiden Frequenzen kann man seine Geschwindigkeit errechnen. Somit lassen sich nicht nur die generellen Bewegungen von Wolken- und Niederschlagsfeldern relativ zum Radarstandort erkennen, sondern auch Detailbewegungen innerhalb der Wolken.

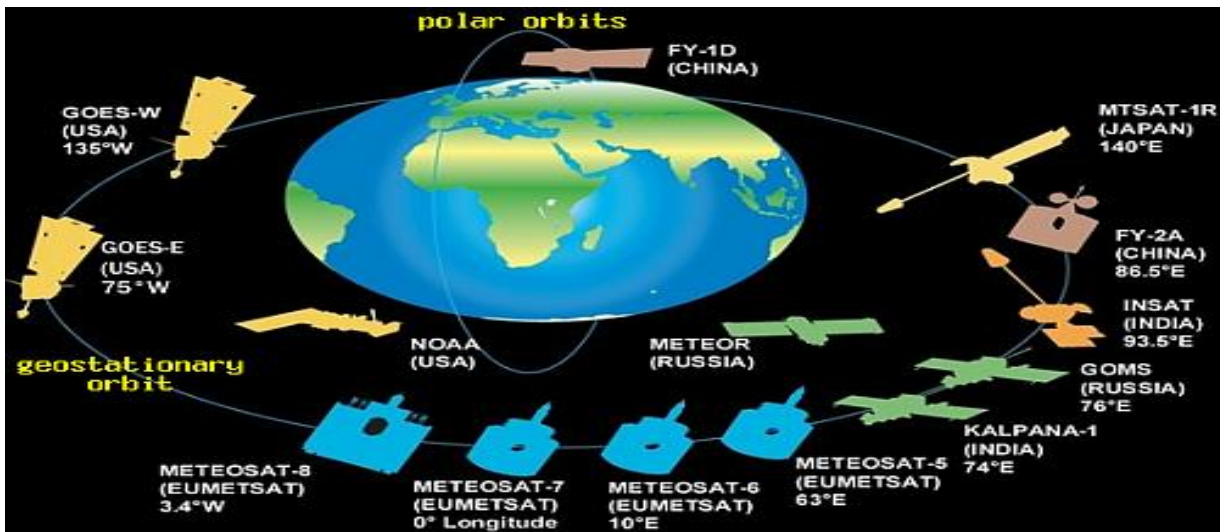
Radargeräte haben jedoch nur einen begrenzten Wirkungsraum. Gründe dafür sind beispielsweise die Dämpfung der Wellen, Schatteneffekte hinter Zielen, Impulsfolgen und die Erdkrümmung. Im günstigsten Fall ist damit ein Radius von etwa 200 km abgedeckt. Durch moderne Digitaltechnik können jedoch mehrere Radarsysteme miteinander vernetzt werden. So wird derzeit in Deutschland das gesamte Wetter in 12 Schichten von einem System von rund 16 verbundenen Radarstationen rund um die Uhr überwacht. Die schichtweise Analyse wird dadurch erhalten, dass der Antennenspiegel nach jedem Umlauf um einen bestimmten Winkel gekippt wird. So entsteht ein dreidimensionaler „Wetterraum“. Die Bilder werden regelmäßig veröffentlicht und stehen interessierten Nutzern zur Verfügung (HÄCKEL 2005: 340).

## 5. Wettersatelliten

Mit dem Start des 1. Wettersatelliten TIROS I („**T**elevision and **I**nfrared **O**bservational **S**atellite“) am 1. April 1960 begann eine neue Ära der globalen Wetterbeobachtung. Da sich die konventionellen Boden- und Radiosondenbeobachtungen überwiegend auf die Festländer beschränken, wird deutlich, wie wichtig dieses globale Beobachtungssystem ist (MALBERG 2007: 213). Satellitenbilder geben eine gute Übersicht über die Verteilung, Struktur und Bewegung von Wolken und damit von Wettersystemen. Daraus lassen sich deren Stärke und Entwicklung ableiten. Wettersatelliten erfassen die Oberflächenstrahlung von Land, Ozeanen und Wolken in verschiedenen Wellenlängenbereichen (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 18). Ferner werden solche für die Analyse und Vorhersage wichtigen Phänomene wie Lage und Eigenschaften der Strahlströme, Wirbelentstehungsprozesse, Fronten, Konvektionszellen u.a. diagnostiziert (HUPFER & KUTTLER 2005: 197). Wettersatelliten arbeiten auf der Basis von Strahlungsabsorption. Ihr Herzstück ist das sogenannte Radiometer, das je nach Aufgabe Strahlung unterschiedlicher Wellenlängen misst. Neben der sichtbaren Strahlung, die ein Bild liefert, wie es angenähert auch unser Auge sehen würde, werden darüber hinaus Wellenlängen aus dem Infraroten und langwelligen Strahlungsbereich genutzt. Für Informationen von der Erdoberfläche, z.B. der Oberflächentemperatur, werden Wellenlängen verwendet, die beim Durchdringen der Atmosphäre durch kein Atmosphärgas absorbiert werden, also Wellenlängen von atmosphärischen Größenordnungen, z.B. 12 µm. Für Informationen über bestimmte atmosphärische Gase werden dagegen Wellenlängen benötigt, die andere Atmosphärgase nicht absorbieren, das betreffende Gas aber emittieren.

Üblicherweise werden die Strahlungsmessdaten durch zeilenweises Abscannen gewonnen und dann zu Bildern zusammengesetzt.

### Das meteorologische Satellitensystem



[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)

Im Prinzip sind zwei Gruppen von Wettersatelliten im Routineeinsatz. Die Polumlaufer und die Geostationären. Die Polumlaufer fliegen in einer Höhe von 850 km mit einer Umlaufzeit von 1 Stunde 42 Minuten in nahezu meridionalen Bahnen um die Erde (HÄCKEL 2005: 417). Die erfasste Breite des Streifens der Erdoberfläche beträgt ca. 2600 km (EMEIS 2000: 143). Die Umlaufzeiten sind so gestaltet, dass sich die Erde unter der Satellitenbahn zwischen zwei Umläufen immer gerade so viel weiterdreht, dass die Erdoberfläche in nebeneinander liegenden, sich kaum überlappenden Streifen abgetastet wird. Die geostationären Satelliten stehen scheinbar ortsfest über der Erdoberfläche. Diese „Fixierung“ wird dadurch erreicht, dass ihr Umlauf exakt mit der Erdrotation synchronisiert wird. Damit die erforderliche Umlaufzeit von genau einem Tag erreicht wird, muss der Satellit in einer Höhe von 36.000 km längs des Äquators in Ost-West-Richtung fliegen (HÄCKEL 2005: 417). Die geostationären Satelliten bieten im Vergleich zu den polarumlaufernden viel häufigere Messungen. Allerdings erfassen sie die Polargebiete nördlich bzw. südlich des 70. Breitengrades nicht mehr. Dort jedoch werden diese Messungen von den polaren Satelliten in idealer Weise ergänzt: Da sie bei jedem Umlauf das Polargebiet beobachten, erfolgt auch dort eine nahezu lückenlose Überwachung (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 20).

Neben der meteorologischen Beobachtung liefern die geostationären Satelliten noch zahlreiche andere Aufgaben, wie z.B. die der interkontinentalen Nachrichten (MALBERG 2007: 216). Zu diesen geostationären Satelliten gehört der europäische Wettersatellit METEOSAT, der die Bilder für die Satellitenbildsequenzen der europäischen Wetterdienste liefert (EMEIS 2000: 143). Die dichte zeitliche Folge erlaubt eine genaue Verfolgung der Wetterentwicklung (MALBERG 2007: 216). Um das teilweise lückenhafte Radiosondennetz zu ergänzen, werden mit Vertikalsondierungsgeräten Informationen über die vertikale Temperatur- und Feuchteverteilung gewonnen. Die meisten Daten liefert das TOVS- System der NOAA- Satelliten (TOVS= TIROS Operational Vertical Sounder; NOAA= National Oceanographic and

Atmospheric Administration, der amerikanische Wetterdienst). Mittels Fernerkundung werden inzwischen auch Spurengase der Atmosphäre, vor allem Ozon, erfasst. Die aus Satellitenmessungen gewonnenen globalen Ozondaten lieferten in den 80er Jahren die ersten entscheidenden Erkenntnisse über die Ozonabnahme über der Antarktis.

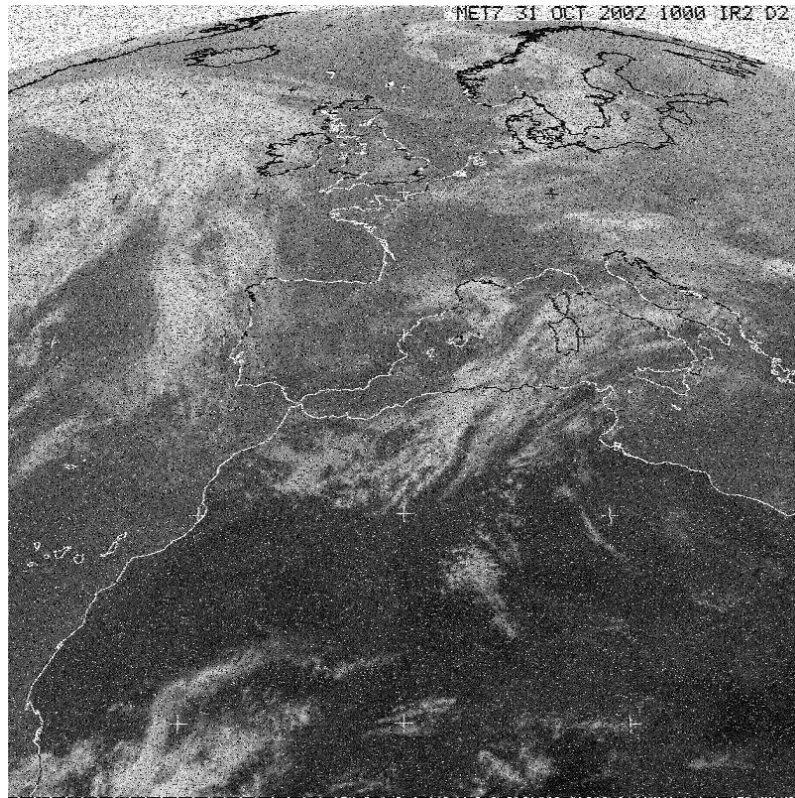
Immer mehr Bedeutung gewinnt dazu noch der Einsatz von passiven und verstärkt auch von aktiven Mikrowellenmeßgeräten. Die aktiven Messgeräte können sehr hochauflösend messen. Mit ihnen können Niederschläge in Wolken bestimmt werden, ebenso wie die vertikale Temperaturverteilung, die Wellenhöhe auf den Ozeanen, Feuchtigkeit im Boden sowie die Verteilung und Struktur von Meereis. Außerdem können diese Systeme durch Wolken hindurch Messwerte von Land- und Seeoberflächen erfassen (BALZER & ENKE & WEHRY 1998: 19).

### Satellitenbilder von Europa



[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de) (18.05.2008)





[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de) (18.05.2008)

## 6. Satellitenkanäle

Mit dem Start des Satelliten „Meteosat Second Generation“ (MSG oder METEOSAT-8) stehen nun 12 statt der bisherigen drei Kanäle zur Verfügung. Weiter wurde die Zeitauflösung von 30 auf 15 Minuten erhöht. Somit können kurzfristige Naturereignisse früher gesichtet werden. Längerfristig werden solche Daten in klimatologische Untersuchungen einbezogen. Über Messkanäle werden alle Signale in regelmäßigem Abstand abgetastet. Anschließend werden die Daten an einen Speicher übertragen. Bei zeitlich hoch auflösenden Messwertgebern (z.B. Ultraschallanemometer) wirkt der Messwertgeber nicht mehr als Tiefenpass, sondern wird durch eine zusätzliche Tiefenpasssicherung gesichert. Durch einen *Multiplexer* (d.h. ein Selektionsschaltnetz) werden Messsignale der einzelnen Geber nacheinander abgetastet. Dann beginnt der Abtastvorgang von neuem. Der *Multiplexer* leitet nacheinander die Messsignale über eine „Sample and hold“ Schaltung (SH) an einen Analog-Digital-Wandler (A/D), von dessen Konfiguration die Genauigkeit des Messsignals abhängt (FOKEN 2006: 187).

Geostationäre Satelliten messen normalerweise in drei Kanälen: Der erste Kanal liefert die Strahlungsdaten für Infrarotbilder (IR) mit Wellenlängen zwischen 10,5 und 12,5  $\mu$ . Bei diesem Frequenzband wird die Strahlung gemessen, welche die Wolkenoberfläche verlässt. Die Strahlungsdaten werden in Temperaturen umgerechnet. Je stärker die Strahlung ist, desto wärmer ist die Wolkenoberfläche. Je höher die Wolkenoberfläche ist, desto kälter ist sie. Unterhalb von Wolkenoberflächen mit  $< -32^{\circ}\text{C}$  fällt Niederschlag. Die Temperaturen geben somit Auskunft über die Höhe der Wolkenoberfläche. Im Infrarotbild erscheinen kalte Gebiete hell, warme dagegen dunkel. Tiefe Wolken sind schwarz, hohe Wolken weiß. Schwarze Landflächen sind heiß, graue dagegen kühl.

Der zweite Kanal misst die Strahlung im Frequenzbereich für ein Bild im sichtbaren Bereich. Wasserdampf reflektiert dabei das einfallende Sonnenlicht (0,4 - 1,1  $\mu\text{m}$ ). Daher gibt es nur am Tag *Visible*-Bilder. Die Strahlung wird in einen Farbwert umgerechnet. Starke Reflexion (d.h. eine hohe Albedo) wird weiß dargestellt. Meist erscheinen Landflächen heller als das Meer aber dunkler als Wolken. Helle Wolken im *Visible*-Bild haben eine hohe Albedo, weil sie dick sind, einen großen Wasseranteil und eine kleine, mittlere Tröpfchengröße. Graue Wolken mit einer tiefen Albedo haben eine geringe Dichte, einen kleinen Wassergehalt und eine große, mittlere Wolkenröpfchengröße.

Für das Wasserdampf-Satellitenbild misst der Satellit die Strahlung im Bereich mit Wellenlängen zwischen 5,7 – 7,1  $\mu\text{m}$ . In diesem Bereich ist Wasserdampf bei der Absorption das dominierende atmosphärische Gas. Je weniger Strahlung den Satelliten erreicht, desto mehr Wasserdampf ist vorhanden. Das Wasserdampfbild eignet sich vor allem für die Analyse der Strömung in der mittleren Troposphäre zwischen 300 und 600 hPa.

Der Vorteil von geostationären Satelliten ist die hohe zeitliche Auflösung. Jede 15-30 Minuten wird ein neues Bild geliefert. Dadurch können Filme zusammengestellt werden und so die Wetterentwicklung verfolgt werden. Aufgrund der Erdkrümmung ist von geostationären Satelliten aber nur ein Teil der Erdoberfläche bis 60° N/S mit ausreichender Genauigkeit abzubilden. Da die für das Wettergeschehen wichtigen Polargebiete somit aus dem geostationären Orbit nicht eingesehen werden können, wird das System durch polarumlaufende Satelliten (z.B. die TIROS-Serie der NOAA) ergänzt. Die Satelliten überqueren in ihrer Bahn in etwa die beiden Pole, während sich die Erde unter ihnen wendet. Von Vorteil ist dabei, dass die Fluggeschwindigkeit im Gegensatz zu den geostationären Satelliten nicht durch die Drehgeschwindigkeit der Erde gegeben ist. Die Satelliten können hier „tief“ fliegen (ca. 850 km) und die Bilder liegen somit in einer höheren räumlichen Auflösung vor. Jeder dieser Satelliten ist in der Lage, die gesamte Erde alle 12 h in zeitlich versetzten Beobachtungstreifen abzutasten. Diese Streifen besitzen im Falle von TIROS 3000 km. Da sich die einzelnen Orbitalbahnen in den Polargebieten kreuzen ist hier die zeitliche Auflösung deutlich höher. Die NOAA- Satelliten messen hier üblicherweise in 5 Kanälen:

- Kanal 1: Sichtbares Licht, Wellenlänge: 0,6  $\mu\text{m}$
- Kanal 2: Sichtbares Licht, Wellenlänge: 0,9  $\mu\text{m}$
- Kanal 3: Nahes Infrarot, Wellenlänge: 3,7  $\mu\text{m}$
- Kanal 4: Infrarot, Wellenlänge: 10,8  $\mu\text{m}$
- Kanal 5: Infrarot, Wellenlänge: 12,0  $\mu\text{m}$

Generell gilt, dass die Messbereiche ständig ausgeweitet und verbessert werden. Die Wettersatelliten des globalen Beobachtungsnetzes dienen vorwiegend zur Verbesserung der kurzfristigen Wettervorhersage. Regelmäßig abgeleitete Produkte sind u.a. Wasseroberflächentemperaturen, die aus Wolkenbildern extrahierten Windfelder, sowie der Bedeckungsgrad und die Wolkenart. Daneben können mit Mikrowellenradiometern die Niederschlagsfelder erfasst werden (BALDENHOFER 2007).

## 7. Luftbildauswertungen

Ein Luftbild ist ein durch elektronische Aufnahmesysteme gewonnenes Bild eines Teils der Erdoberfläche, das in der Regel von Flugzeugen- aus einer Höhe von mehreren hundert oder tausend Metern aufgenommen wird. Dazu gehören z.B. auch Thermalluftbilder, wenn eine bildhafte Wiedergabe der Erdoberfläche im thermalen Strahlungsbereich vom Flugzeug aus gewonnen wird. Luftbilder lassen sich unterscheiden nach der Art der elektromagnetischen Strahlung, die das Aufnahmegerät erfasst, nach dem Aufnahmewinkel und nach der Darbietungsform. Um die analogen Vorlagen normaler Photographien z.B. für GIS verwenden zu können, ist es notwendig, die Bilder mit Hilfe eines Scanners zu digitalisieren, sie zu entzerren und zu geokodieren. Luftbilder können aber auch analog interpretiert und die Interpretationsergebnisse in digitalisierte Karten übertragen werden. Weiter ermöglichen sie es, große Gebiete und Einzelheiten der Erdoberfläche in ihrem räumlichen Kontext aus der Vogelperspektive zu sehen. Außerdem können sie zu jedem Zeitpunkt aufgenommen werden. Weiter lassen sich in Verbindung mit Bodendaten genaue Positionen, Entfernungen, Richtungen und Flächen durchführen. Durch zwei sich teilweise überlappende zweidimensionale Bildpaare kann zudem ein dreidimensionales Modell erstellt werden, aus dem dann auch die Höheninformation abgeleitet wird. Allerdings ist die Verknüpfung mit anderen Daten nicht direkt möglich (BALDENHOFER 2008).

## 8. Bauernregeln und Lostage

Die Ursprünge von Großvaters Wetterregeln lassen sich für unseren Sprachraum bis ins 9. Jahrhundert n.Chr. zurückverfolgen. Es handelt sich dabei meist um einprägsame Reimformen, die als Merksprüche von einem Bauern zum nächsten und von einer Generation zur nächsten überliefert wurde. Im 13. und 14. Jahrhundert wurden die alten heidnischen Bezüge zunehmend durch biblische Motive und Heiligtage ersetzt.

Gereimte Bauernregeln liegen bereits aus babylonischer Zeit vor. Sie wurden von den Griechen und Arabern zu einem System astrologischer Wetterregeln erweitert. So findet man bei dem Griechen Theophrast schon Morgen- und Abendrot, Sonnen- und Mondhöfe oder tanzende Mücken als Wetterboten. Auch die Deutung von Himmels- und Wettererscheinungen als Prophezeiungen oder als Zeichen und Launen der Götter. Der altgermanische Donnergott Thor, der altgriechische Blitzschleuderer Zeus oder der sturmbringende Poseidon sind prominente Beispiele für die Verknüpfung von Wetter und Mythologie. Durch den Buchdruck von Gutenberg (1445) erlebten die überlieferten Merksprüche einen regelrechten Boom. Bald breiteten sich unter den Lesekundigen die volkstümlichen Kalender aus, die neben Kirchentagen und Heiligtagen auch Ernte- und Wetterregeln enthielten. Aber längst nicht alle Bauernregeln beschäftigen sich mit dem Wetter, viele sind Elemente eines einprägsamen Arbeitskalenders, der natürlich auch durch Klima und Witterung bestimmt ist. Weiter fallen unter die Bauernregeln auch zahlreiche Sprichwörter, die sich mit dem Alltag und dem Leben im Allgemeinen beschäftigen. Ein Sprichwort dafür ist beispielsweise: *Wer nur auf den Wind achtet, der säet nicht – wer nur auf die Wolken sieht, der erntet nicht.*

Lostage dagegen sind Tage des Jahres, deren Wetter nach der volkstümlichen Überlieferung einen Hinweis auf die zukünftige Witterung geben soll. Ein Merkspruch für die Lostage lautet: *Wie das Wetter zu Vinzenz*

(22.1.) war, wird es sein das ganze Jahr. Bringt der Juli heiße Glut, gerät auch der September gut. Die Bauernregeln stützen sich meist auf die Lostage (MAYER 1998: 10-21). Heute ist die Bedeutung der Bauernregeln jedoch umstritten. Die Kenntnis der Regeln wird aber bis heute durch die jährlich erscheinenden Bauernkalender und die 100jährigen Kalender wachgehalten. Diese Kalender sind neben der Tageszeitung die fast tägliche, aber sehr wichtige Lektüre des Bauern (MICHELER 2008).

## **9. Genauigkeit der modernen Wetterbeobachtung**

Die Grundlage jeder Aussage über die Wetterentwicklung in den nächsten Stunden oder Tagen ist die Diagnose des dreidimensionalen atmosphärischen Zustands zum Ausgangszeitpunkt. Dazu dient die moderne Wetterbeobachtung mit z.B. Radar und Satellitendaten, Wetterstationen, Luftbildauswertungen usw. Aus diesen Unterlagen entnimmt die Vorhersagemeteorologie die Anordnung von Druckzentren, die großräumige Strömung, die Lage der Fronten, die Anordnung von Kaltluft- und Warmluftgebieten sowie von Starkwindbändern, die mit den Systemen verbundenen Wettererscheinungen und durch den Vergleich zeitlich aufeinanderfolgender Wetterkarten die Wetterentwicklung im zurückliegenden Zeitraum. Der Diagnose des aktuellen atmosphärischen Zustands folgt dann die Prognose über den zukünftigen Zustand, über die Weiterentwicklung des Wettergeschehens. Dazu bedient sich die Meteorologie an ihrer Kenntnis von physikalischen Gesetzen. Grundsätzlich lassen sich zwei Formen der Wettervorhersage unterscheiden: Die numerische Wettervorhersage, die sich an der großräumigen Verteilung der atmosphärischen Zustandsgrößen wie Luftdruck, Wind, Temperatur, Feuchte usw. bedient und die Ergebnisse dann als Boden- und Höhenwetterkarten darstellt (MALBERG 2007: 233). Weiter wird die synoptische Wettervorhersage unterschieden. Dabei wird mit der Analyse der Bodenwetterkarte begonnen, wobei die Frontenanalyse und die Darstellung der Luftdruckverteilung die Hauptarbeitsgänge sind. Hierbei werden zunächst die Niederschlagsgebiete gekennzeichnet und dann zur Bestimmung der Frontenlage unter Heranziehung der Karten des Vortermins die eingetragenen Wetterelemente bzw. Wettererscheinungen benachbarter Stationen verglichen. Dabei erhalten eine sprunghafte Veränderung der Windrichtung, die Drucktendenzverhältnisse und auffällige Wettererscheinungen (z.B. Gewitter) besondere Beachtung. Mit den synoptischen Beobachtungen der Wetterkarten und Wetteranalyse ist die Diagnose des dreidimensionalen atmosphärischen Zustands möglich und damit der aktuelle Ablauf der Wettervorgänge erkennbar. Damit ist die Grundlage vorhanden, Schlüsse auf die Weiterentwicklung des Wettergeschehens zu ziehen. Neben dem Ergebnis der numerischen Wettervorhersage wird in kurzfristige, Kurz-, Mittel- und Langfristprognose der synoptischen Methode sowie statistischer Verfahren unterschieden (HUPFER & KUTTLER 2005: 229). Doch sowohl die synoptische, als auch die numerische Wettervorhersage bringen Probleme mit sich. Das weltweite Beobachtungsnetz ist nur über Teilen der Kontinente, vor allem in Europa, sehr dicht. Auf den tropischen und polaren Landflächen sowie auf den Ozeanen außerhalb der vielbefahrenen Schiffsrouten weist es dagegen eine sehr geringe Dichte auf. Dieses gilt für die Boden- und insbesondere Höhenbeobachtungen. Weiter erreicht auch die Satellitenmessung noch nicht die erforderliche Genauigkeit und daher kann nur mit Einschränkung von einer befriedigenden Kenntnis des jeweiligen Ausgangszustands

gesprochen werden. Hinzu kommt, dass die Beobachtungen örtlich nicht mit den Gitterpunkten der numerischen Modelle zusammenfallen. Messwerte müssen somit erst über mathematische Verfahren auf die Gitterpunkte interpoliert werden. Außerdem werden die zeitlich abweichenden Satellitenmessungen auf die synoptischen Termine umgerechnet (MALBERG 2007: 236). Besonders bei den numerischen Kurz- wie Mittelfristmodellen gibt es noch grundsätzliche Probleme. Je weiter vom Anfangszeitpunkt abgewichen wird, umso mehr wirken sich die Anfangsfehler in den numerischen Modellen aus. Dies kommt dadurch zustande, dass über weiten Teilen der Erde bzw. einer Halbkugel nicht genügend bzw. ungenaue Beobachtungsdaten zur Verfügung stehen. Auch die Wettersatelliten sind noch nicht in der Lage exakte Messungen zu liefern (MALBERG 2007: 247-251). Außerdem gibt es stationsbedingte Einflüsse. Jeder Baum und jeder Strauch kann die Windgeschwindigkeit in der Nähe einer Messstation reduzieren und die Windrichtung beeinflussen. Bei starkem Windschutz an der Station (enges Tal, Waldrand, Hof) ist der Niederschlagsmessfehler gering und die Temperaturen fallen, sofern die Strahlung noch ungestörten Zutritt hat, relativ extrem aus. Geringer Windschutz bedeutet dagegen ein großes Defizit des Niederschlagsmessers und eine ausgeglichene Temperatur. Beispielsweise sind Messstationen an Flugplätzen keinesfalls für die jeweilige Stadt repräsentativ, Gipfelstationen nicht für den gesamten Gebirgskamm. Zur Gewährleistung der Standardmessung an meteorologischen Stationen wurden teilweise schon Umgebungsbedingungen für optimalere Ergebnisse erstellt. Außerdem werden manche meteorologischen Größen visuell beobachtet, z.B. Niederschlagsformen wie Tau, Reif, Nebelfrostablagerungen, Glatteis, Hagel, Nebel, Gewitter, Bewölkung und Sichtweite. Diese subjektiven Daten sind weniger genau wie instrumentell gemessene. Das gilt besonders für Stationen mit nebenamtlichen Beobachtern. Nur selten stehen für einen benötigten Ort Daten zur Verfügung. Meist geschieht diese Bestimmung aufgrund von räumlicher Übertragung von Messpunkten auf gewünschte Orte. Dies erfordert Kenntnisse über die räumliche Variabilität der betreffenden Größe, muss also mit Vorsicht geschehen. Tiefsttemperaturen und Windgeschwindigkeiten schwanken auf kleinem Raum mehr als z.B. Höchsttemperaturen und Wasserdampfdruckwerte. Weiter dürfen kurzzeitige Daten nicht zu schnell im Sinne langfristiger bzw. klimatologischer Werte interpretiert werden (FLEMMING 1991: 128). Der Nachteil bei Niederschlagsradaren ist häufig, dass Niederschläge wie Sprühregen und Schneefall besonders wenn sie leicht sind, nicht erfasst werden (REIBER 2008). Auch die Kenntnisse über die Vorgänge der Atmosphäre sind noch nicht umfassend. Weiter ist noch anzumerken, dass gemessen an der ungeheueren Datenflut und den Rechenanforderungen in der Meteorologie die heutigen elektronischen Großrechner noch zu langsam sind. Oft kommen Prognoserechnungen erst mit zeitlicher Verzögerung zustande. So kann es insbesondere bei Mittelfristvorhersagen zu Abweichungen kommen. Um eine perfekte Prognose zu erstellen bedarf es noch an viel Zeit. Vielleicht wird es sie auch nie geben, da es in der Atmosphäre oft kleinste, nicht vorausberechenbare Einflüsse sind, die darüber entscheiden, wie sie sich weiter verhalten wird. Diese Eigenschaft bestimmt natürlich die Grenze der Wettervorhersage (MALBERG 2007: 247-251).



## **10. Die Vertrauenswürdigkeit der modernen Wetterbeobachtung**

Da die Genauigkeit der Wetterprognose teilweise sehr ungenau ist, ist es folglich schwierig der modernen Wetterbeobachtung vollste Vertrauenswürdigkeit entgegenzubringen. Nicht nur die Beobachtungen und Modelle sind immer fehlerfrei, auch in der Atmosphäre gibt es oft kleinste Einflüsse, die darüber entscheiden wie es weitergeht. Auch der Technik ist nicht immer zu vertrauen. Kleinste Messfehler können oft große Folgen mit sich bringen, indem sie in langfristige Prognosen falsche Zahlenwerte einbringen. Auch die immensen gemessenen Datenmengen können nicht sämtliche beteiligten Luft- und Wassermengen berücksichtigen. Doch seit die Menschen sesshaft wurden und kontinuierlich Landwirtschaft betrieben wurde, war es notwendig, das Wetter vorherzusagen, um möglichst die besten Zeiten für Aussaat und Ernte zu nutzen. Während die Menschen damals das Wettergeschehen über Jahre hinweg beobachteten und durch Bauernregeln versuchten Gesetzmäßigkeiten zu finden, ist es heutzutage durch den Einsatz moderner Messungen wahrscheinlicher, der modernen Wetterbeobachtung Vertrauen zu schenken als früher. Heutzutage ist eine Prognose der Lufttemperatur über drei Tage verlässlicher, als vor 25 Jahren eine Prognose für den nächsten Tag. Je feiner heute die numerischen Wettermodelle aufgelöst sind, desto besser können die komplizierten Prozesse, die etwa einen sommerlichen Regenguss auslösen, berechnet werden. Doch hierbei kommt es wieder auf den Standpunkt der Beobachtungs- und Messstationen an. Entwicklungsländer verfügen beispielsweise über eine eher unzureichende Ausstattung mit der erforderlichen Technik (GROSS o.A). Vor allem die Vorhersagegüte der kurzfristigen Wettervorhersagen ist heutzutage vertrauenswürdiger geworden, während die langfristigen Wettervorhersagen noch oft zu Problemen führen. Schon Niels Bohr, der berühmte Physiker sagte einmal: „Prognosen sind immer schwierig, vor allem wenn sie die Zukunft betreffen“ (KUBE 2008 & MALBERG 2000).

### **Fazit**

Um das augenblickliche Wetter zu bestimmen, gibt es heute eine Vielzahl von modernen Wetterbeobachtungstechniken. Vor allem für die Kurzzeitvorhersage wird eine relativ hohe Vertrauenswürdigkeit gewährleistet. Doch für die langfristigen Vorhersagen können lediglich z.T. noch ungenaue Prognosen gemacht werden. Dazu ist zum einen die Atmosphäre zu unberechenbar, zum anderen die Technik noch nicht einwandfrei um exakte Angaben zu liefern. Doch kann der Wettervorhersage vertraut werden? Die Frage „Wie wird das Wetter morgen?“ kann heutzutage sicherlich mit einer relativ hohen Genauigkeit bestimmt und somit beantwortet werden. Längerfristige Vorhersagen gilt es jedoch besser zu hinterfragen. Trotz der heutigen Modernisierung, kann der Technik nicht vollständig vertraut werden. Nur ein Messfehler kann große Auswirkungen haben. Ein Beispiel dafür ist der Orkan „Lothar“, der 1999 über Baden-Württemberg hinwegfegte. Wäre dieser Sturm damals früher erkannt worden, dann wären die Auswirkungen vielleicht geringer ausgefallen. Doch die Wettervorhersage ist heutzutage, allein für den Flugverkehr und die Schifffahrt, unerlässlich geworden. Die modernen Wetterbeobachtungen werden immer wieder verbessert und die beobachteten Gebiete vergrößert. Sicherlich wird es dem Wetterbericht in Zukunft immer besser gelingen, genauere Angaben machen zu können und verstärkt Unwetter vorherzusagen. Vor 20

Jahren gab es nur Drei-Tage-Vorhersagen. Heute findet man im Internet schon Acht-Tages-Vorhersagen mit zunehmender Ungenauigkeit. Auch im Fernsehen kann uns Herr Kachelmann bereits 14-Tages-Vorhersagen liefern. Doch wird es jemals eine exakte langfristige Wettervorhersage geben? Dazu können heute nur Prognosen aufgestellt werden.

## Literaturverzeichnis

BALZER, K. & ENKE, W. & WEHRY, W. (1998): Wettervorhersage – Heidelberg.

EMEIS, S. (2000): Meteorologie in Stichworten – Stuttgart.

FLEMMING, G. (1991): Einführung in die Angewandte Meteorologie – Berlin.

FOKEN, T. (2006): Angewandte Meteorologie - Heidelberg.

HÄCKEL, H. (2005): Meteorologie – Stuttgart.

HUPFER, P. & KUTTLER, W. (2005): Witterung und Klima – Wiesbaden.

MALBERG, H. (2007): Meteorologie und Klimatologie – Heidelberg.

MAYER, J. (1998): Großvaters Wetter- und Bauernregeln – Stuttgart.

## Internetverzeichnis

BADENHOFER, K. (2008): Luftbild -  
<http://www.fe-lexikon.info/lexikon-l.htm> (17.05.2008)

BALDENHOFER, K. (2007): Das ENSO- Phänomen –  
<http://www.enso.info/fernerkundung.html> (17.05.2008)

DEUTSCHER WETTERDIENST (2008): Deutscher Wetterdienst –  
[www.dwd.de](http://www.dwd.de) (17.05.2008)

DREESBACH, K. (2008): Meteorologie -  
[http://de.encyclopedia.msn.com/encyclopedia\\_761571037/Meteorologie.html](http://de.encyclopedia.msn.com/encyclopedia_761571037/Meteorologie.html) (17.05.2008)

GROSS, T. (o.A.): Der Wetterbericht entscheidet über ihren Tagesverlauf -  
<http://www.misterinfo.de/publish/auskunft-und-infos/allgemeine-tipps/der-wetterbericht-entscheidet-ueber-ihren-tagesverlauf> (17.05.2008)

KUBE, J. (2008): Numerische Wettervorhersage -  
<http://www.weltderphysik.de/de/6280.php> (17.05.2008)

MALBERG, H. (2000): Von den Bauernregeln zur langfristigen Wettervorhersage -  
<http://web.fu-berlin.de/fun/2000/1-2-00/seite3/seite31.html> (17.05.2008)

MICHELER, J. (2008): Bauernregeln- Eine kurze Erklärung -  
<http://www.bauernregeln.net/bauernregeln.html> (17.05.2008)

REIBER, M. (2008): Interpretation von Radarbildern -  
[http://www.dr mreiber.de/Ve\\_Artikel\\_Pdf/Interpretation%20von%20Radarbildern%20fuer%20BSM%20mit%20Bildern.pdf](http://www.dr mreiber.de/Ve_Artikel_Pdf/Interpretation%20von%20Radarbildern%20fuer%20BSM%20mit%20Bildern.pdf) (17.05.2008)

WETTERZENTRALE (2008): Wetterzentrale –  
[www.wetterzentrale.de](http://www.wetterzentrale.de) (18.05.2008)

