

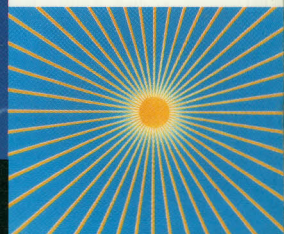
Konrad Balzer · Wolfgang Enke · Werner Wehry

# Wetter- vorhersage

TAG  
16  
11

Mensch und Computer –

Daten und Modelle



Springer

---

Konrad Balzer · Wolfgang Enke · Werner Wehry

# Wettervorhersage

Mensch und Computer – Daten und Modelle

Mit 92 Abbildungen und 16 Tabellen

325/3999 INSTITUT  
FÜR METEOROLOGIE U. KLIMATOLOGIE  
UNIVERSITÄT HANNOVER  
HERRENHÄUSER STR. 2 - 30419 HANNOVER



Springer

---

# Inhaltsverzeichnis

|          |   |    |
|----------|---|----|
| <b>1</b> | <b>Falsche Propheten</b> .....  | 1  |
| <b>2</b> | <b>Wetter jeder Art – wie wird das Wetter?</b> .....  | 5  |
| 2.1      | Erst Diagnose – dann Prognose .....   | 7  |
| <b>3</b> | <b>Voraussetzung für die Wettervorhersage –<br/>Beobachten und Messen</b> .....   | 9  |
| 3.1      | Meteorologische Größenordnungen (Scales) .....  | 9  |
| 3.2      | Messen der Wetterelemente in Bodennähe – eine Wetterstation ....  | 14 |
| 3.3      | Messen der Wetterelemente in der Atmosphäre – die 3. Dimension .<br><i>Geschichtliches: Meßverfahren für die ganze Atmosphäre</i> ..... | 16 |
|          | <i>Vom Boden aus wird die dritte Dimension erschlossen</i> .....  | 17 |
|          | <i>Flächenhafte Messung aus der Ferne – vom Satelliten aus</i> .....  | 18 |
|          | <i>Meßgeräte der neuen Generation</i> .....   | 20 |
| 3.4      | Meßnetze .....  | 22 |
| <b>4</b> | <b>Nowcasting – die ersten zwei Stunden</b> .....   | 25 |
| 4.1      | Großer Aufwand für Nowcasting – Wetterüberwachung<br>(Monitoring) .....   | 25 |
| 4.2      | Wann löst sich der Nebel auf? Wie gefährlich wird das<br>Gewitter? .....  | 26 |
| 4.3      | Nutzung empirischer Verfahren .....   | 28 |
| <b>5</b> | <b>Meilensteine der modernen Wettervorhersage</b> .....   | 31 |
| 5.1      | Die Suche nach dem wahren Zustand der Atmosphäre .....  | 31 |
| 5.2      | Die geniale Idee des Breslauer Physikers Brandes .....  | 32 |
| 5.3      | Ist der Krieg doch “der Vater aller Dinge”? .....   | 34 |
| 5.4      | Wetterdienste in Aktion – Warum Deutschland Schlußlicht war ...   | 36 |
| 5.5      | Das Bjerknes-Programm – die Geburtsstunde der modernen<br>Wettervorhersage .....  | 39 |
| 5.6      | Richardson – der Rückschlag und die Konsequenzen .....  | 44 |
| 5.7      | Charney und Neumann – der Durchbruch .....  | 48 |
| 5.8      | Hinkelmann – der deutsche Aufbruch .....  | 50 |
| <b>6</b> | <b>Grundlagen und Besonderheiten der<br/>mittelfristigen Wettervorhersage</b> .....   | 55 |
| 6.1      | Das EZMW-Modell näher betrachtet .....  | 55 |
| 6.2      | Das Prognosemodell .....  | 55 |
| 6.3      | Datenassimilation .....   | 58 |
| 6.4      | Noch einmal zum Maßstabsproblem .....   | 62 |
| 6.5      | Instabilitäten wohin man schaut .....   | 64 |

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 6.6       | Unvermeidliche Fehlerquellen .....  | 67         |
| <b>7</b>  | <b>Aktuelle Herausforderungen und erste Antworten</b> .....                                       | <b>71</b>  |
| 7.1       | Die Entdeckung der Grenzen in der Vorhersage .....  | 71         |
| 7.2       | Die Antwort heißt: Stochastik .....   | 73         |
| 7.3       | EPS – der gesteuerte Zufall .....   | 76         |
|           | <i>Steigerung der Vorhersagegüte</i> .....  | 78         |
|           | <i>Quantifizierung der Unbestimmtheit</i> .....   | 78         |
| 7.4       | Muß das EPS erweitert werden? .....   | 79         |
| 7.5       | Die Automatisierung der Wettervorhersage .....  | 84         |
|           | <i>AFREG</i> .....  | 86         |
| 7.6       | Die MIX-Philosophie .....   | 89         |
| <b>8</b>  | <b>Prognosenprüfung – Wie gut oder schlecht sind Wettervorhersagen?</b> .....                     | <b>93</b>  |
| 8.1       | Verifikation tut not .....  | 93         |
| 8.2       | Wozu Prognosenprüfung? .....  | 94         |
| 8.3       | Interessen contra Objektivität .....  | 95         |
| 8.4       | Wie erkennt man Blindlingsprognosen? .....  | 97         |
|           | <i>Was heißen nun Persistenz und Klimaerwartung?</i> .....  | 98         |
| 8.5       | Die Geister scheiden sich .....   | 99         |
| 8.6       | Zahlen statt Begriffe – die Wende .....   | 100        |
| 8.7       | Maßzahlen der Güte .....  | 101        |
|           | <i>Wirtschaftsprognosen – ist da etwas dran?</i> .....  | 103        |
|           | <i>Bewertung von Alternativprognosen</i> .....  | 104        |
| 8.8       | Zur aktuellen Güte der Wettervorhersage .....   | 106        |
|           | <i>1. Schwankt die Prognosegüte im Laufe eines Jahres?</i> .....                                  | 106        |
|           | <i>2. In welchem Monat sind die Wettervorhersagen am genauesten?</i> ..                           | 106        |
|           | <i>3. Wie gut werden Niederschläge vorhergesagt?</i> .....  | 107        |
|           | <i>4. Wie verhalten sich Mensch und Maschine bei der Vorhersage anderer Wetterelemente?</i> ..... | 108        |
|           | <i>5. Wie gut sind mittelfristige Wettervorhersagen?</i> .....                                    | 110        |
|           | <i>6. Wo liegt gegenwärtig die zeitliche Grenze der Vorhersagbarkeit?</i> ..                      | 111        |
|           | <i>7. Zum Trend der Prognosegüte.</i> .....   | 112        |
|           | <i>8. Wird der Fortschritt anhalten?</i> .....  | 114        |
| <b>9</b>  | <b>Wettervorhersage – Einblick und Ausblick</b> .....   | <b>117</b> |
| 9.1       | Das Mensch-Maschine-Problem in der Wettervorhersage .....   | 117        |
| 9.2       | Die Zukunft der Wettervorhersage .....  | 121        |
| <b>10</b> | <b>Langfristvorhersage</b> .....  | <b>125</b> |
| 10.1      | Einige historische Anmerkungen zu Langfristvorhersagen .....                                      | 125        |
| 10.2      | Gegenwärtiger Stand der Langfristvorhersage .....   | 126        |
|           | <i>Extratropische Langfristvorhersagen</i> .....  | 129        |
| <b>11</b> | <b>Klimaprognosen</b> .....   | <b>133</b> |

|      |  |     |
|------|--|-----|
| 11.1 | Der Klimabegriff .....   | 133 |
| 11.2 | Komponenten unseres Klimasystems .....   | 134 |
|      | <i>Wenigstens auf die Sonne ist Verlaß</i> .....   | 134 |
|      | <i>Die Atmosphäre – ein warmer Mantel</i> .....  | 135 |
|      | <i>Der Mantel ist vielschichtig</i> .....  | 137 |
|      | <i>Es wird noch komplexer!</i> .....   | 139 |
|      | <i>Der Kohlenstoffkreisl. als Schlüssel zum Verständnis unseres Klimas</i> .....                                   | 139 |
|      | <i>Physikalischer Kohlenstoffkreislauf</i> .....   | 139 |
|      | <i>Der organische Kohlenstoffkreislauf – Ozeane als Schlüsselfaktor</i> ...  | 141 |
| 11.3 | Mögliche Ursachen von Klimaänderungen .....  | 143 |
|      | <i>Historische und prähistorische Klimaänderungen</i> .....  | 143 |
|      | <i>Historische Aufzeichnungen.</i> .....   | 144 |
|      | <i>Laminierte Sedimente (Warven)</i> .....   | 144 |
|      | <i>Ablagerungen in Großtagebauen.</i> .....  | 144 |
|      | <i>Kohlenstoffisotope von Bäumen als Klimaindikatoren</i> .....  | 145 |
|      | <i>Untersuchungen der Eisbohrkerne auf Grönland.</i> .....   | 145 |
|      | <i>Klimabedingungen aus Rattenkot.</i> .....   | 145 |
|      | <i>Samen- und Pollenanalysen.</i> .....  | 146 |
|      | <i>Wo ist das CO<sub>2</sub> der Uratmosphäre geblieben und warum gibt es überhaupt noch CO<sub>2</sub>?</i> ..... | 146 |
|      | <i>Einige Eiszeittheorien</i> .....  | 148 |
| 11.4 | Methoden der Klimaprognose .....   | 151 |
|      | <i>Statistische Modelle</i> .....  | 151 |
|      | <i>Boxmodelle</i> .....  | 152 |
|      | <i>Zirkulationsmodelle</i> .....   | 152 |
| 11.5 | Regionalisierung von großräumigen Klimaprognosen .....   | 158 |
|      | <i>1. Regionale Klimamodelle.</i> .....  | 159 |
|      | <i>2. Statistische Verfahren.</i> .....  | 159 |
|      | <i>3. Gekoppelte dynamische und statistische Verfahren.</i> .....  | 160 |
| 11.6 | Ergebnisse von Klimaprognosen .....  | 160 |
|      | <i>Werden wir den CO<sub>2</sub>-Ausstoß wirklich weltweit reduzieren?</i> .....                                   | 161 |
|      | <b>Literatur</b> .....   | 165 |
|      | <b>Glossar</b> .....   | 169 |
|      | <b>Index</b> .....   | 179 |