

Natermann, E., Zur Geologie der Wesermarsch oberhalb Achim. Abh. Nat. Ver. Bremen, Bd. 31, H. 1, 1939.

Natermann, E., Das Sinken der Wasserstände der Weser und ihr Zusammenhang mit der Auelehmbildung des Wesertales. Arch. f. Landes- u. Volkskde. von Niedersachsen. Bd. 1941, H. 9.

Poser, H., Die Niederterrassen des Okertales als Klima-zeugen. Abh. d. Braunsch. Wiss. Ges. II, 1950.

Spreitzer, H., Die Talgeschichte und Oberflächengestaltung im Flußgebiet der Innerste. Jb. d. Geogr. Ges. Hannover, 1931.

Troll, K., Die jungglazialen Schotterfluren im Umkreis der deutschen Alpen. Forsch. d. Landes- u. Volkskunde 24/4, Stuttgart, 1926.

Woldstedt, P., Das Eiszeitalter, Stuttgart, 1929.

Woldstedt, P., Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. Stuttgart, 1950.

## FROSTGEFÄHRDETE GEBIETE IN DER BAAR, EINE KLEINKLIMATISCHE GELÄNDEKARTIERUNG

H. Aichele\*)

Mit 2 Abbildungen.

In den Jahren 1948 und 1949 traten im Zentrum der zwischen Schwarzwald und Schwäbischem Jura gelegenen Baar, deren kaltes Klima seit jeher bekannt ist, schwere Spätfröste auf, die große Ertragsverluste an Kartoffelbeständen zur Folge hatten. Der Frost wirkte sich deswegen besonders empfindlich aus, weil er sehr spät auftrat, als die Kartoffelstauden in ihrer Entwicklung schon weit fortgeschritten waren.

### 1. Die morphologischen und klimatischen Gegebenheiten.

Die letzte Ursache der Frostschäden liegt in der Morphologie der Baar. Diese Landschaft stellt eine Hochmulde mit 700 bis 800 m durchschnittlicher Meereshöhe dar und ist nach Norden offen. Ihre Gesamterstreckung von Westen nach Osten beträgt 25 km, von Norden nach Süden 26 km. Das Zentrum bildet der Zusammenfluß von Brigach und Breg zur Donau. Hier hat sich ein alluvialer Schwemmfächer gebildet, welcher der Donau auf ihrem Weg nach Osten zum Durchbruchstal durch den Jura auf 15 km Luftlinie ein Gefälle von nur 0,67‰ ermöglicht. Dieses ebene, feuchte und auf großen Strecken moorige Gelände ist das bedeutendste Entstehungsgebiet der spät auftretenden Bodenfröste. Nach Kaempfert (1) bilden feuchte Wiesen und mooriges Gelände allgemein Zonen hoher Frostgefährdung, dagegen zeigen Äcker, wenn sie nicht gerade frisch gepflügt sind, nur geringe Frostanfälligkeit. Ebenso wenig neigen ausgedehnte Waldgebiete zur Ausbildung örtlicher Frostzonen. In der Baarmulde kommt als zweiter frostbegünstigender Faktor hinzu, daß die angrenzenden Hänge zumindest in ihren unteren Teilen vielfach Wiesen tragen. Auch dort bildet sich nachts durch sog.

Grasfrost kalte Luft (Sauberer, 2), die zu den tiefsten Stellen im Gelände ungehindert abfließen kann.

Die hohe Nebelhäufigkeit im Zentrum der Hochmulde läßt erkennen, daß die nachts sich bildende oder einfließende Kaltluft sehr lange liegen bleibt. Der wenige Kilometer ostwärts Donaueschingen am Rande dieses Riedgebietes gelegene Ort Pfohren hat im Jahresdurchschnitt 74 Nebeltage (Mittel 1925—1929). Der Mittelwert (1881—1930) für Donaueschingen liegt bei 59, der Reichsdurchschnitt jedoch bei 30 bis 40 Nebeltagen im Jahr. Da die Hochmulde für die Kaltluft keinen Abfluß hat, wird in den tiefsten Lagen das Pflanzenwachstum sehr gehemmt, und die Fröste treten oft noch mitten in der Vegetationsperiode auf. Aus langjährigen Beobachtungen ergibt sich, daß das Wachstum der landwirtschaftlichen Kulturpflanzen in der Baarniederung im Mittel um den 12. April, vier Wochen später als in der nur 50 km westlich gelegenen Rheinebene einsetzt (King, 3). Selbst der nur 25 km entfernte, aber auf der Luvseite des Schwarzwaldes gelegene Ort Triberg hat bei gleicher Meereshöhe eine um 0,4°C höhere Jahresmitteltemperatur als Donaueschingen. Fischer (4), ein langjähriger Beobachter des Lokalklimas der Baar, hat im Anschluß an Köppen folgende Definition gegeben: „Das Zentrum der Baar bildet eine Kälteinsel inmitten milderer Umgebung.“

Für die Landwirtschaft sind diese klimatischen Gegebenheiten sehr hemmend. Besonders die Kartoffel wird beeinträchtigt, obwohl Großklima und Boden ihr in weiten Teilen der Baar günstige Wachstumsbedingungen bieten. Da die Kartoffel, neuerdings die Pflanzkartoffel, eine wichtige Verkaufsfrucht der Bauern dieses Gebietes darstellt, wirken sich die Schädigungen durch Spätfröste besonders empfindlich aus. Die Wachstums-

\*) Aus dem Staatlichen Forschungs- und Beratungsinstitut für Höhenlandwirtschaft in Donaueschingen (Direktor Prof. Dr. Knoll).

schwelle der Kartoffel liegt bei 8° C täglicher Mitteltemperatur. Bei -2° C Bestandstemperatur beginnt die Staude zu erfrieren, wenn die Kälte mindestens 3/4 Stunden anhält und anschließend langsames Auftauen erfolgt (Keßler, 5). Diese Schadfrostschwelle ist jedoch nur als Mittelwert zu betrachten, weil sie physiologisch bedingt ist. Sie hängt weitgehend vom Ernährungszustand der Pflanze ab. Keßler berichtet weiter, daß reichliche Pottasche- oder Kalidüngung die Frostresistenz erhöht; Stickstoff- und Phosphorsäuregaben diese jedoch herabsetzen.

Die Ausfälle an Pflanzkartoffeln durch Frostschäden waren in den Nachkriegsjahren sehr hoch. 1949 betragen sie in einem einzigen Betrieb 1250 dz. Es erschien daher notwendig, zur Bekämpfung dieser Frostschäden Untersuchungen über ihre Verbreitung anzustellen, da praktische Vorschläge für eine wirksame Frostschadenverhütung erst dann ausgearbeitet werden können, wenn Umfang und Lage der frostgefährdeten Gebiete abgegrenzt sind.

Auch an dieser Stelle erlaube ich mir, Herrn Prof. Dr. Knoll für die mir stets zuteil gewordene Unterstützung während der Untersuchungen zu danken.

### 2. Die Untersuchungen

Die Tatsache, daß nach langjährigen Erfahrungen der Bauern der Frost sehr häufig gerade dort auftritt, wo der Boden für die Kartoffel besonders günstig ist, gab den Untersuchungen erhöhte Bedeutung. Die Kartoffelanbauer berichten von einigen ihnen wohlbekannten „Frostlöchern“, in denen sich der Frostschaden häuft, während außerhalb, besonders in höheren Lagen, kaum Frost festgestellt wird.

Den Ausgangspunkt für die Untersuchungen bildete der Schadfrost an Kartoffeln in der Nacht vom 3. zum 4. Juli 1948, der Bestandstemperaturen von -4° C hervorrief. Während der folgenden Tage wurde an vielen Kartoffeläckern der aufgetretene Schaden nach Lage und Stärke auf einem Meßtischblatt kartiert. Nach einer weiteren sehr schweren Frostschadennacht vom 25. zum 26. Juni 1949, in der am Erdboden sogar -4,5° C gemessen worden sind, wurden die Kartierungen fortgesetzt und die ersten Beobachtungen ergänzt. Nach diesen beiden, in gleicher Stärke sich sehr selten wiederholenden Naturereignissen schälten sich bereits Bezirke starker Frostgefährdung in großen Zügen heraus. Als Stärkeskala der Frostwirkung wurde die dreistufige Unterteilung nach Kaempfert (6) benutzt.

Besonderer Wert wurde bei den Untersuchungen auf die Festlegung der Obergrenzen der Kaltluftseen gelegt. Da zur lückenlosen Umgrenzung der Frostschadengebiete die Zahl der Kartoffel-

flächen nicht ausreichte, wurden zur Ergänzung Nebelbeobachtungen herangezogen, für die der Standort unserer Dienststelle, der aus 150 m Höhe einen freien Blick über die Baarniederung gewährt, eine vorzügliche Basis bildet. Die Auswertung der Nebelbeobachtungen stützt sich darauf, daß bei anhaltendem Hochdruckwetter die Obergrenzen der Kaltluftseen in der Baarniederung durch Bodennebel sehr deutlich angezeigt werden. Die zweijährigen Beobachtungen ergaben, daß die Nebelobergrenzen während der Wachstumszeit in den einzelnen Gebieten nahezu festliegen.

Obwohl dieses zusätzliche Hilfsmittel es ermöglichte, die Obergrenze der Kaltluftseen mit erhöhter Genauigkeit zu kartieren, zeigte sich bei eingehender Bearbeitung doch, daß Temperaturmessungen nicht entbehrt werden konnten. Deshalb wurde auch ein Meteorograph der Bauart Bosch/Freiburg mit automatischer Temperaturregistrierung eingesetzt, wie er beim ehemaligen Flugwetterdienst in Gebrauch war. Das Instrument ist schon früher zu kleinklimatischen Untersuchungen am Wartenberg (Aichele, 7) benutzt worden, so daß sich zeitraubende Vorversuche über seine Brauchbarkeit erübrigten. Der Mete-

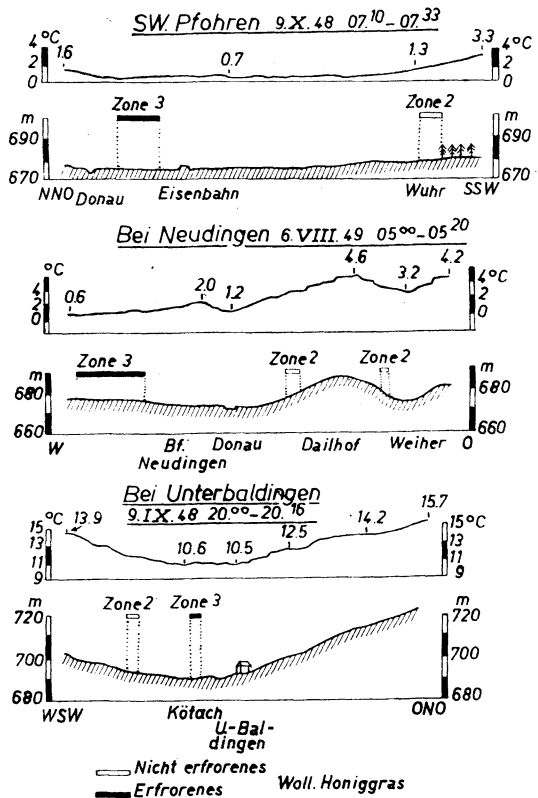


Abb. 1: Temperaturmessungen und Honiggraskartierungen

orograph spricht auf Temperaturänderungen durch Verbiegen eines Bimetalls an, die über ein Hebelsystem auf eine rußgeschwärzte Aluminiumfolie übertragen werden. An technischen Einzelheiten ist noch erwähnenswert, daß sich das temperaturempfindliche Bimetall stets in etwa 50 cm Höhe über dem Boden befinden muß und daß während der Registrierung die Marschgeschwindigkeit konstant gehalten werden muß. Die Umlaufdauer des Uhrwerks, das die Schreibfolie bewegt, beträgt zwei Stunden. Die Meßgenauigkeit liegt bei  $0,3^{\circ}\text{C}$ .

Mit Hilfe des Meteorographen konnte nicht nur die Obergrenze der Kaltluftseen, sondern auch ihre vertikale Temperaturschichtung ermittelt werden. Die Sicherheit der Meßergebnisse scheint ausreichend, weil bei Strahlungswetter die Temperaturunterschiede zwischen der Bodenkaltluft und der über ihr liegenden wärmeren Luft sehr groß sind. Während einer Meßfahrt betragen sie auf 150 m Höhenunterschied  $9^{\circ}\text{C}$ . Schon geringe Wolkenfelder brachten jedoch

zwischen der Kaltluft im Tal und der darüber liegenden wärmeren Luft so starke Verwaschung hervor, daß die Temperaturgegensätze unterhalb der Meßgenauigkeit lagen. Daher konnten zur Messung nur die selten auftretenden wind-schwachen und wolkenlosen Strahlungs-nächte benutzt werden.

Infolge dieser Wetterabhängigkeit wäre die Fertigstellung der Karte sehr verzögert worden, wenn wir nicht auf Anregung von Herrn Prof. Knoll auch die Frostschäden an Wiesenbeständen zur Auswertung herangezogen hätten. Er hatte schon seit mehreren Jahren festgestellt, daß die Wiesengräser eine sehr unterschiedliche Frostresistenz zeigen. Insbesondere das Wollige Honiggras (*Holcus lanatus*) wird durch Spätfröste geschädigt (mündl. Mitteilung). Auch in der Baar konnten wir beobachten, daß dieses Gras in den Wiesen mit ausgesprochenen Frostlagen (Frostschadenstufe 3) erfroren war, während es in den höher gelegenen Beständen keine Frostschäden zeigte. Einige Befunde, die die Beziehung zwi-

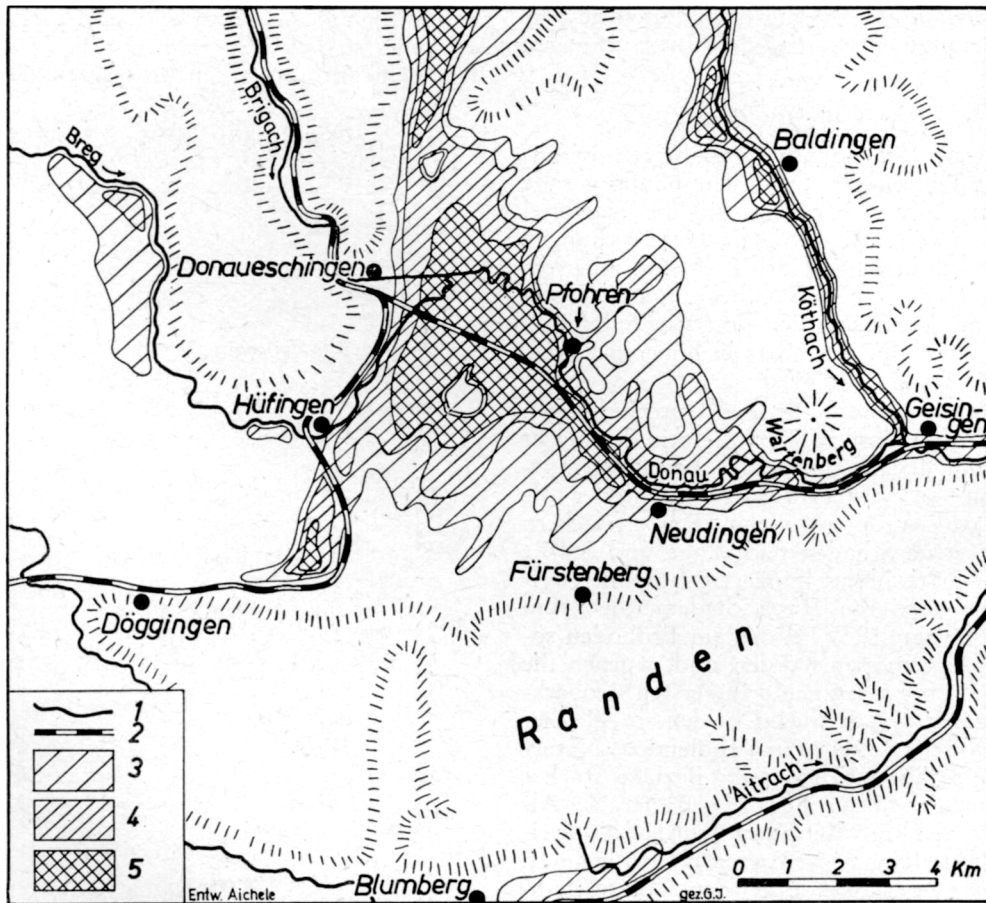


Abb. 2: Frostgefährdete Gebiete der Baar

1. Fluß, 2. Eisenbahn, 3. leichte Frostgefährdung, 4. mäßige Frostgefährdung, 5. starke Frostgefährdung.

schen Frostschäden am Honiggras und Temperatur wiedergeben, sind in Abb. 1 dargestellt. Aus ihnen wurde die Berechtigung hergeleitet, die Flächen, auf denen das Honiggras erfroren war, mit den Kaltluftseen der Baar gleichzusetzen. Damit konnten die Untersuchungen unabhängig von der Wetterlage zu einem raschen Abschluß gebracht werden.

Obwohl sich das Wollige Honiggras als brauchbarer Anzeiger frostgefährdeter Gebiete in der Baar erwiesen hat, erscheint es doch notwendig, bevor dieses Ergebnis weiter verallgemeinert wird, in anderen Gebieten entsprechende Untersuchungen anzustellen. Wir werden auch festzustellen haben, ob eine Beziehung zwischen der geringen Verbreitung und geschwächten Vitalität dieses Grasses in den hochgelegenen Wiesen der Schwäbischen Alb (Knoll, 8) sowie des Hochschwarzwaldes (Müller, 9) und seiner Frostempfindlichkeit besteht.

### 3. Ergebnisse.

Zur Aufstellung einer Karte der frostgefährdeten Gebiete in der Baar wurden Kartierungen von Frostschäden an Kartoffelbeständen und an Wolligem Honiggras, Nebelbeobachtungen und Temperaturmessungen mit einem Meteorographen kombiniert.

Auf der Karte (Abb. 2) zeichnen sich drei größere frostgefährdete Bezirke ab. Sie liegen im Riedgelände südöstlich Donaueschingen, in den Weiherwiesen nördlich Donaueschingen und im Tal der Kötach zwischen Baldingen und Geisingen. Ferner liegen zwei kleinere Bezirke im Torfgebiet bei Blumberg und westlich Donaueschingen bei Wolterdingen. Ihre Gesamtfläche ist 6000 ha groß. Die Karte stellt, abgesehen von wenigen vegetationsbedingten Ausnahmen, ein Bild der Geländeformen der Baarmulde dar. Im wesentlichen liegen die Frostgebiete in den tiefsten Lagen. Die Stärke ihrer Frostgefährdung ist aber außerdem noch von der Größe des Kaltluftinzugsgebietes und von der Möglichkeit eines Abflusses der Kaltluft abhängig. Ein großes Ein-

zugsgebiet mit starker Frostgefährdung besitzt die Mulde zwischen Fürstenberg und Hüfingen, ein kleines das Tal der Kötach zwischen Baldingen und Geisingen. Besonders wenig frostgefährdet ist der Talausgang der Kötach bei Geisingen, weil dort die Kaltluft nachts ins Donautal abfließen kann. Die mittlere Frostobergrenze während der Wachstumszeit wurde mit 6—8 m über dem jeweiligen Flußspiegel ermittelt, wobei die genaue Höhe von der Ausdehnung des Kaltluftinzugsgebietes abhängt.

Der Nutzen der Karte wurde von vielen landwirtschaftlichen Stellen rasch erkannt. Neben den Kartoffelvermehrungsbetrieben und den Grassamenvermehrern wird sie vor allem von Obstbauern bei der Planung von Neuanlagen benutzt.

#### Literatur.

1. Kaempfert, W., Wetterkunde für Gärtner, Weinbauern und Landwirte. Stuttgart, 1948.
2. Sauberer, Über das Wesen des Grasfrostes. — Bioklima. Beibl., 1937.
3. King, A., Das Klima Südwestdeutschlands. — 1948.
4. Fischer, J., Klimatische Ergebnisse von Pfohren. — Schr. d. Vereins für Geschichte der Baar, 1931.
5. Keßler-Kaempfert, Die Frostschadenverhütung. — Berlin 1940.
6. Kaempfert, W., Mündliche Mitteilung 1942.
7. Aichele, H., Kleinklimatische Temperaturmessungen am Wartenberg. — Meteorologische Rundschau, 1950.
8. Knoll, J. G., Über die Verwendung pflanzensoziologischer Forschungsergebnisse auf die Bewirtschaftung des Grünlandes. — Arb. d. DLG. Bd. 2. Tab. S. 17, 1949.
9. Müller, H., Der Einfluß von Standort und Klima auf die Zusammensetzung der Wiesenbestände in Baden. — 1934.
10. Geiger, R., Das Klima der bodennahen Luftschicht. — 1942.
11. Schmelle, F., Kleinklimatische Geländeaufnahme am Beispiel der Frostschäden im Obstbau. — Mitt. d. Wd. US-Zone, 1950.
12. Knoch, K., Die Geländeklimatologie, ein wichtiger Zweig der angewandten Klimatologie. — Ber. z. Deutschen Landeskunde Band VIII.
13. Defant, A., Abfluß schwerer Luftmassen auf geneigtem Boden. — Sitz. Ber. d. Berliner Akademie 1933.
14. Schulz, L., Lokalklimatische Untersuchungen im Oberharz. — Bioklima. Beibl. 3, 1936.
15. Witterstein, F., Kleinklimatische Untersuchungen im Rheingau. — 1936.

## BERICHTE UND KLEINE MITTEILUNGEN

### KLIMA-MORPHOLOGISCHE BEOBACHTUNGEN IN SÜDITALIEN

(Vorbericht, Beiträge zur Geomorphologie der Klimazonen und Vorzeitklimata VI)

Julius Büdel

Im Mai und Juni 1950 konnte ich eine fünfwöchige Studienreise durch Süditalien und Sizilien unternehmen, die im wesentlichen der Fortführung meiner bisher vornehmlich in polaren und gemäßigten Breiten unternommenen klima-morphologischen Untersuchun-

gen im Gebiet der etesischen Subtropen galt. Zugleich sollten die Beobachtungen dieser Reise die Brücke zu weiteren derartigen Untersuchungen im randtropischen und tropischen Afrika nördlich des Äquators schlagen. Sie sollen später gemeinsam mit den afrikanischen Beobachtungen eine eingehende Darstellung erfahren. Hier sei nur ein kurzer Vorbericht über sie gegeben.

Die Reise wurde durch Vermittlung von C. Troll mit Mitteln der Akademie der Wissenschaft und Literatur in Mainz durchgeführt. Ich darf auch an dieser Stelle meinen herzlichsten Dank für diese Unterstüt-