

## Klimaklassifikationen

**Christoph Beck**

### **Angaben zur Veröffentlichung / Publication details:**

Beck, Christoph. 2007. "Klimaklassifikationen." In Geographie: physische Geographie und Humangeographie, edited by Hans Gebhardt, Rüdiger Glaser, Ulrich Radtke, and Paul Reuber, 224-29. München: Elsevier, Spektrum, Akad. Verl.

### **Nutzungsbedingungen / Terms of use:**

**licgercopyright**

Dieses Dokument wird unter folgenden Bedingungen zur Verfügung gestellt: / This document is made available under these conditions:

**Deutsches Urheberrecht**

Weitere Informationen finden Sie unter: / For more information see:

<https://www.uni-augsburg.de/de/organisation/bibliothek/publizieren-zitieren-archivieren/publiz/>



## 9.8 Klimaklassifikationen

CHRISTOPH BECK

Aus den räumlichen Variationen der wesentlichen Klimasteuerungsmechanismen – externe Einflüsse und interne Wechselwirkungen – und der jeweils modifizierend wirksam werdenden **Klimafaktoren** (z. B. geogra-

phische Breite, Entfernung zum Ozean und Orographie) ergibt sich auf der Erdoberfläche ein sehr weites Variationspektrum der einzelnen **Klimaelemente** und in der Folge aus deren vielfältigen Kombinationsmöglichkeiten eine Vielzahl unterschiedlicher Klimate.

Das Ziel von Klimaklassifikationen besteht darin, diese verschiedenen lokal ausgeprägten Einzelklimate in geeigneter Weise zu typisieren, die räumliche Lage und Ausdehnung der resultierenden Klimatypen zu ermitteln und in übersichtlicher Weise kartographisch darzustellen. Die Zusammenfassung ähnlicher Klimate zu übergeordneten, eindeutig voneinander abgrenzbaren Einheiten soll dabei unter Verwendung geeigneter, objektiv nachvollziehbarer Klassifikationskriterien erfolgen.

Da die räumlichen Variationen der verschiedenen klimatischen Variablen unterschiedlich gartet sind, ist es unmöglich innerhalb einer Klassifikation Klimatypen zu ermitteln, die bezüglich aller klimarelevanten Größen die geforderte interne Homogenität und eindeutige gegenseitige Abgrenzbarkeit aufweisen.

Daher, aber auch entsprechend der vielfältigen zugrunde liegenden Fragestellungen, werden im Rahmen der klassifikatorischen Zuordnung innerhalb verschiedener Klassifikationsansätze unterschiedliche klimarelevante Parameter beziehungsweise Parameterkombinationen betrachtet. So können etwa pflanzenphysiologisch begründete lufttemperaturbezogene Schwellen- oder Andauerwerte wesentliche Abgrenzungskriterien innerhalb vegetationsökologisch ausgerichteter Klassifikationsansätze sein, während eine humanbioklimatologisch motivierte Klimaklassifikation eher solche Variablen berücksichtigen wird, die für das menschliche Wohlbefinden von entscheidender Bedeutung sind.

Wie allgemein bei der Klassifikation geowissenschaftlicher Sachverhalte, stellt sich auch im Rahmen der Klimaklassifikation die Frage nach der optimalen Anzahl von Klassen (Klimatypen). Zum einen sollen die einzelnen Klimatypen möglichst homogen sein und sich möglichst deutlich von den übrigen Klimatypen unterscheiden. Zum anderen sollte angestrebt werden, die Anzahl der resultierenden Klimatypen möglichst gering zu halten, um die Übersichtlichkeit und Anschaulichkeit der Klassifikationsergebnisse zu gewährleisten. Es muss folglich ein Kompromiss zwischen maximaler Trennschärfe und größtmöglicher Übersichtlichkeit der Klassifikationsergebnisse gefunden werden.

Auch wenn innerhalb der meisten Klimaklassifikationsansätze objektiv erfassbare Grenzdefinitionen – meist in Form von Schwellenwerten – herangezogen werden, sind die Definition derselben und damit auch die Entscheidung über die Anzahl der resultierenden Klimatypen letztlich immer stark von subjektiv geprägten Entscheidungen des Bearbeiters abhängig. In jüngster Zeit wurden allerdings Ansätze zur Klimaklassifikation unter Verwendung statistischer Methoden entwickelt, die zum einen eine objektive – statistisch

begründete – Abgrenzung der verschiedenen Klimatypen ermöglichen und zum anderen über die Optimierung der statistisch erfassbaren Trennschärfe zwischen den Klimatypen auch zu einer – im statistischen Sinne – optimalen Anzahl von Klimatypen gelangen (Gerstengarbe und Werner 1997).

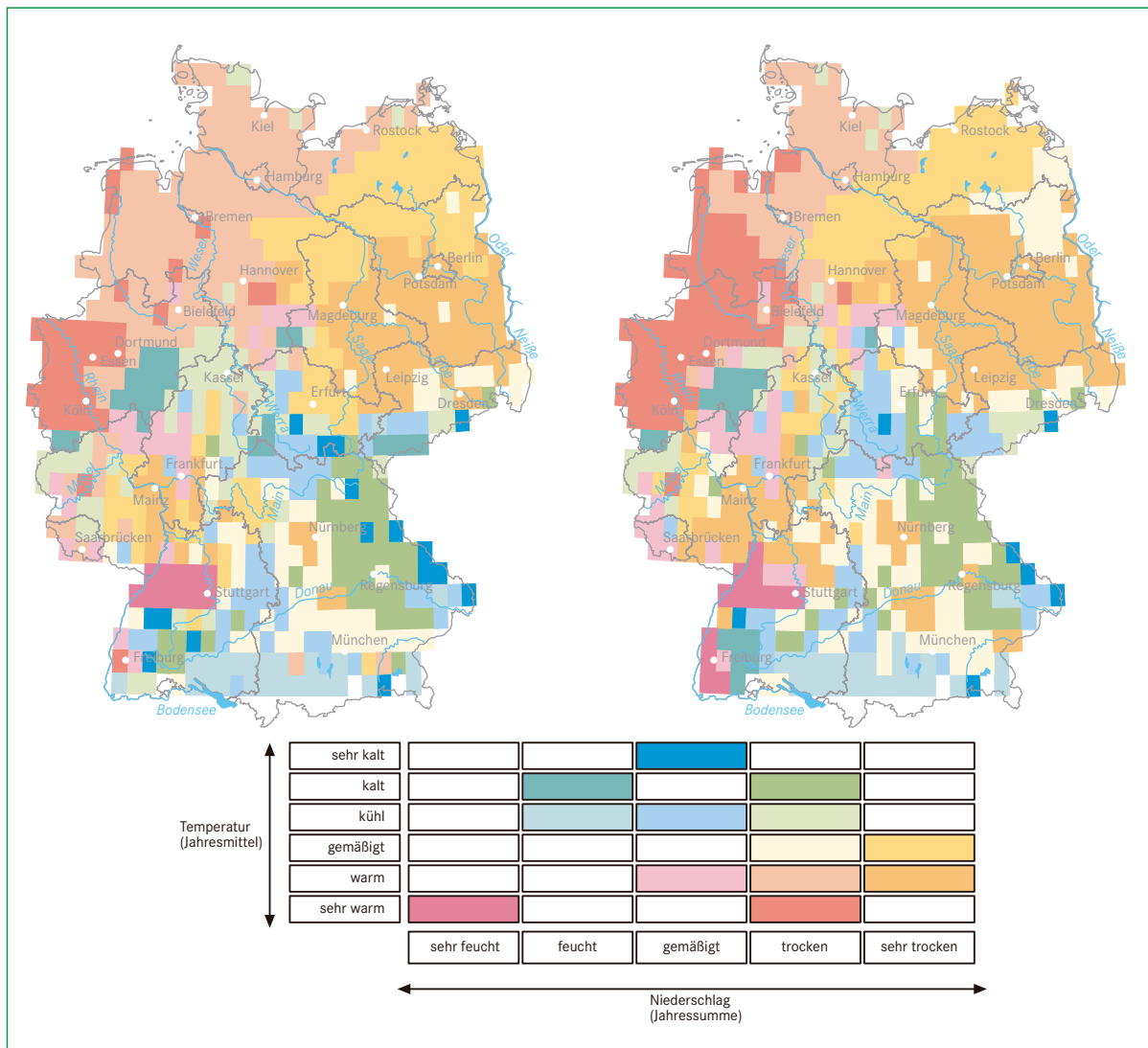
Idealerweise sollten Klimaklassifikationen auf den Daten einer ausreichend langen, einheitlich bestimmten Referenzperiode (z. B. von der WMO (*World Meteorological Organization*) vorgeschlagene 30-jährige Bezugszeiträume) beruhen und damit ein Bild der regionalen Differenzierungen der über einen längeren Zeitraum ermittelten mittleren klimatischen Zustände liefern. Aufgrund der regional unterschiedlichen zeitlichen Verfügbarkeit klimatologischer Daten kann dieser Anspruch allerdings nicht immer erfüllt werden.

Andererseits unterliegen die Ergebnisse aller Klimaklassifikationen, wie auch die ihnen zugrunde liegenden klimatischen Kenngrößen, zeitlichen Veränderungen. So zeigt beispielsweise die Anwendung eines objektiven Klimaklassifikationsverfahrens für Deutschland auf zeitlich gleitende 15-jährige Zeiträume (beginnend mit dem Zeitraum 1901–1915 bis 1986–2000, jeweils verschoben um ein Jahr) innerhalb des 20. Jahrhunderts teilweise deutliche Veränderungen hinsichtlich der Lage und der Flächenanteile der verschiedenen regionalen Klimatypen zwischen Anfang und Ende des 100-jährigen Betrachtungszeitraums (Abb. 9.8.1). Aus der zeitlich variierenden räumlichen Verteilung und Ausdehnung der verschiedenen Klimatypen lassen sich demzufolge zum einen **Klimaschwankungen** nachvollziehen und bezüglich ihrer räumlichen Wirksamkeit erfassen. Zum anderen können objektiv nachvollziehbare Klimaklassifikationen aber auch zur räumlich differenzierten Diagnose möglicher zukünftiger **Klimaveränderungen** und zur Abschätzung von deren Auswirkungen auf verschiedene Kompartimente des Geoökosystems – je nach Klassifikationsansatz – herangezogen werden (Lohmann et al. 1993, Cramer und Solomon 1993).

## Effektive und genetische Klimaklassifikationen

Klimaklassifikationen können für verschiedene räumliche Dimensionen des Klimas erstellt werden. Im Weiteren sollen aber nur Klassifikationen auf der globalen Maßstabsebene näher erläutert werden.

Seit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurden zahlreiche Ansätze zur globalen Klimaklassifikation publiziert. Dabei kristallisierten sich im Wesentlichen zwei prinzipiell zu unterscheidende Herangehensweisen zur Klassifikation heraus. Zum einen die effektiven Klimaklassifikationen und zum anderen genetische Klassifikationsansätze.



**Abb. 9.8.1** Objektiv ermittelte regionale Klimatypen für Deutschland 1901 bis 1915 (links) und 1986 bis 2000 (rechts, verändert nach Gerstengarbe & Werner 2003).

Die so genannten **effektiven Klimaklassifikationen** orientieren sich in erster Linie an den Auswirkungen des Klimas auf die natürlichen Systeme, vor allem die Vegetation. Bevorzugt werden dabei räumliche Verbreitungsgrenzen der potenziellen natürlichen Vegetation als Grundlage für die Herleitung klimatisch definierter Abgrenzungskriterien in Form von Schwellen- oder Andauerwerten herangezogen. Eine thermische Charakterisierung der Tropen, die das Erreichen oder Überschreiten einer Mitteltemperatur von 18 °C im kältesten Monat fordert, beruht beispielsweise auf der damit verbundenen Verbreitungsgrenze zahlreicher kalteempfindlicher tropischer Pflanzen, wie etwa der Kokospalme (Palmengrenze). Als weiteres wichtiges vegetationsbezogenes Abgrenzungskriterium sei die Baumgrenze genannt, die in verschiedenen Klassifikationsansätzen

durch das in mindestens einem Monat zu verzeichnende Überschreiten einer Mitteltemperatur von 10 °C angenähert wird.

Eine der ältesten und die wohl bekannteste effektive Klimaklassifikation ist die von **Wladimir Köppen** (1900, 1918, 1936) seit Anfang des 20. Jahrhunderts erarbeitete und von verschiedenen Autoren (Geiger und Pohl 1954, Trewartha 1968) mehrfach modifizierte und erweiterte Klassifikation, die im Folgenden kurz erläutert werden soll. Eine äußerst gelungene und sehr viel detailliertere Darstellung des Klassifikationsschemas nach Köppen findet sich beispielsweise bei Kraus (2001).

Auf der Grundlage meist vegetationsbezogener Schwellen- und Andauerwerte der Lufttemperatur und des Niederschlages werden in der Klassifikation nach Köppen in fortschreitender räumlicher Differenzierung

**Tabelle 9.8.1** Klimazonen und Klimatypen sowie Abgrenzungskriterien der globalen Klimaklassifikation nach Köppen (1936).

Klimazone		Klimatypen		
<b>A</b>	tropische Regenklimate $Tm_{\min} \geq 18\text{ °C}$	<b>Af</b>	feuchtheiße Urwaldklimate	$Rm_{\min} \geq 6\text{ cm/mon}$
		<b>Aw</b>	periodisch trockene Savannenklimate	$Rm_{\min} < 6\text{ cm/mon}$
<b>B</b>	Trockenklimate $R < RD$	<b>BS</b>	Steppenklimate	$R \geq RD/2$
		<b>BW</b>	Wüstenklimate	$R < RD/2$
<b>C</b>	warmgemäßigte Regenklimate $-3\text{ °C} < Tm_{\min} < 18\text{ °C}$	<b>Cs</b>	warme, sommertrockene Klimate	$Rw_{\max} \geq 3 Rs_{\min}$
		<b>Cf</b>	feuchttemperierte Klimate	$Rw_{\max} < 3 Rs_{\min}$ und $Rs_{\max} < 10 Rw_{\min}$
		<b>Cw</b>	warme, wintertrockene Klimate	$Rs_{\max} \geq 10 Rw_{\min}$
<b>D</b>	boreale subarktische Klimate $Tm_{\min} \leq 3\text{ °C}$ , $Tm_{\max} > 10\text{ °C}$	<b>Df</b>	winterfeucht-kalte Klimate	$Rs_{\max} < 10 Rw_{\min}$
		<b>Dw</b>	wintertrocken-kalte Klimate	$Rs_{\max} \geq 10 Rw_{\min}$
<b>E</b>	Schneeklimate $Tm_{\max} < 10\text{ °C}$	<b>ET</b>	Tundrenklimate	$0\text{ °C} \leq Tm_{\max} < 10\text{ °C}$
		<b>EF</b>	Klimate des ewigen Frostes	$Tm_{\max} < 0\text{ °C}$

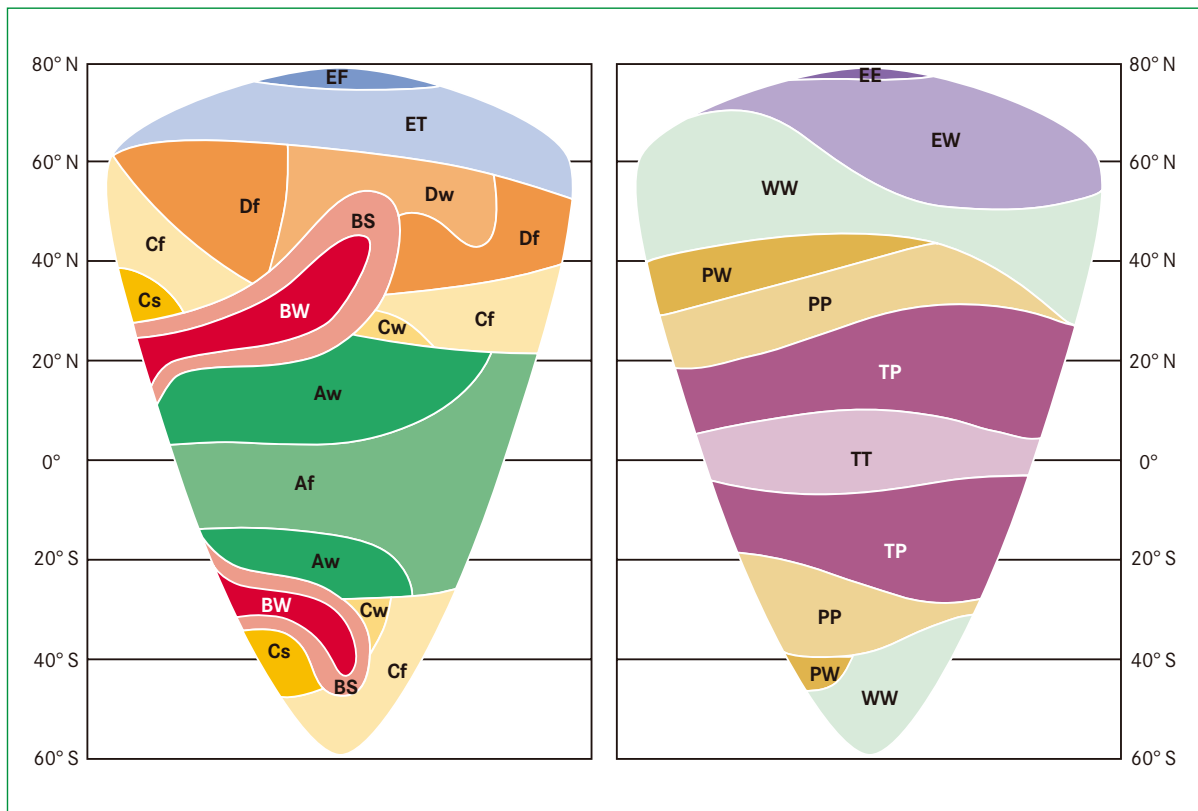
Erläuterungen zur Tabelle:  
 $Tm_{\min}$  = Temperatur-Monatsmittel des kältesten Monats  
 $Tm_{\max}$  = Temperatur-Monatsmittel des wärmsten Monats  
 $T$  = Temperatur-Jahresmittel (in °C)  
 $R$  = jährliche Niederschlagssumme (in cm)  
 $Rm_{\min}$  = Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Monats (in cm)  
 $RD$  =  $2T + 28$  (bei Sommerregen)  
 $RD$  =  $2T + 14$  (ohne deutliche jahreszeitliche Differenzierung)  
 $RD$  =  $2T$  (bei Winterregen)  
 $Rw_{\max}$  = Niederschlagssumme des niederschlagsreichsten Wintermonats (in cm)  
 $Rw_{\min}$  = Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Wintermonats (in cm)  
 $Rs_{\max}$  = Niederschlagssumme des niederschlagsreichsten Sommermonats (in cm)  
 $Rs_{\min}$  = Niederschlagssumme des niederschlagsärmsten Sommermonats (in cm)

Klimazonen, Klimatypen und Klimauntertypen bestimmt und durch entsprechende Buchstabenkombinationen gekennzeichnet. Einen Überblick der beiden höchsten Hierarchieebenen der Klassifikation gibt Tabelle 9.8.1. Die räumliche Verbreitung der Klimatypen ist in Abbildung 9.8.2 dargestellt. Der erste Buchstabe der Köppen'schen Klimaformel bezeichnet hierbei die Klimazonen, die mit einer Ausnahme (Trockenklimate B) jeweils über die Lufttemperatur abgegrenzt werden. Die weitere Differenzierung in Klimatypen erfolgt in erster Linie unter Berücksichtigung von Jahressumme und jahreszeitlicher Verteilung des Niederschlags (zweiter Buchstabe), während die Abgrenzung der in Tabelle 9.8.1 und Abbildung 9.8.2 nicht mehr aufgeführten Klimauntertypen (dritter Buchstabe), die nur für die Klimazonen B, C und D mit ihren bedeutsamen jahreszeitlichen Temperaturunterschieden durchgeführt wird, wiederum mithilfe der Lufttemperatur geschieht. Für die Klimazone C ergibt sich so beispielsweise letztlich eine weitere Differenzierung der drei Klimatypen Cs, Cf und Cw in jeweils vier, jeweils durch heiße, warme oder kühle Sommer beziehungsweise extrem kalte Winter charakterisierte Klimauntertypen. Allerdings existieren nicht alle theoretisch möglichen Buchstabenkombinationen auch in der Realität, so treten kühle Sommer im C-Klima beispiels-

weise nicht in Verbindung mit sommerlicher Trockenzeit auf.

Neben der besprochenen Klimaklassifikation nach Köppen und den verschiedenen darauf aufbauenden Ansätzen, existieren zahlreiche weitere effektive Klimaklassifikationen, von denen nur einige ausgewählt erwähnt werden sollen. Vegetationsbezogene Klassifikationen wurden etwa von Thornthwaite (1933) und von Lauer und Frankenberg (1985) vorgelegt. Troll und Paffen (1963) erarbeiteten eine Klimaklassifikation, die sich ebenfalls an den Beziehungen zwischen Klima und Vegetation orientiert, wobei die jahreszeitlichen Variationen von Lufttemperatur und Niederschlag ein maßgebliches Klassifikationskriterium darstellen. Eine stark an hydrogeographischen Aspekten ausgerichtete Klassifikation schließlich stammt von Penck (1910). Auf der Grundlage der kombinierten Betrachtung der wesentlichen, zur Klassifikation herangezogenen Variablen Niederschlagsmenge, Niederschlagsform und Verdunstung in ihrer jahreszeitlichen Differenzierung, werden Klimatypen mit charakteristischen hydrogeographischen Merkmalen ermittelt.

Ein Nachteil effektiver Klassifikationen besteht darin, dass sie keine Rückschlüsse auf die Ursachen räumlicher Klimadifferenzierungen erlauben. Genau diese verursa-



**Abb. 9.8.2** Schematische Darstellung der räumlichen Verteilung der Klimatypen nach Köppen (links) und der Klimazonen nach Flohn (rechts) auf einem Idealkontinent (Bezeichnung der Klimatypen beziehungsweise Klimazonen wie in Tabelle 9.9.1 beziehungsweise Tabelle 9.9.2., verändert nach Barry und Chorley 1998).

chenden Faktoren bilden hingegen die Grundlage **genetischer Klimaklassifikationsansätze**, die die räumliche Ausprägung unterschiedlicher klimagenetischer Größen zu einer Systematisierung der Klimate heranziehen. Verschiedene genetische Klimaklassifikationen, die in sehr viel geringerer Zahl als die oben erwähnten effektiven Ansätze vorliegen, beziehen sich im Rahmen der Klassifikation auf den Strahlungs- und Wärmehaushalt der Erdoberfläche oder die großräumige atmosphärische Zirkulationsdynamik.

Das grundlegende Zuordnungskriterium im Rahmen des genetischen Klassifikationsansatzes von **Hermann Flohn** (1950) ist die Lage eines Raumes in Bezug zu den, in zonaler Richtung orientierten Hauptwindgürteln der unteren Troposphäre (Kapitel 9.6). Es resultieren dementsprechend insgesamt sieben großräumige Klimate (Tab. 9.8.2, Abb. 9.8.2), von denen vier durch das ganzjährige Vorherrschen einer zonalen Strömungskomponente gekennzeichnet sind (stetige Klimate), während drei, räumlich betrachtet, zwischen den vier erstge-

**Tabelle 9.8.2** Genetisch begründete Klimazonen der Erde nach Flohn (1950). Dunkelgrau hinterlegt stetige Klimate, hellgrau hinterlegt alternierende Klimate.

Klimazone	vorherrschende Windrichtung	
<b>TT</b> innertropisches Klima	ganzjährig innertropische westliche Winde	
<b>TP</b> randtropisches Klima	innertropische westliche Winde im Sommer,	tropische östliche Winde (Passate) im Winter
<b>PP</b> subtropisches Trockenklima	ganzjährig tropische östliche Winde (Passate)	
<b>PW</b> subtropisches Winterregenklima	tropische östliche Winde (Passate) im Sommer,	außertropische westliche Winde im Winter
<b>WW</b> feuchtgemäßigtes Klima	ganzjährig außertropische westliche Winde	
<b>EW</b> subpolares Klima	polare östliche Winde im Sommer,	außertropische westliche Winde im Winter
<b>EE</b> hochpolares Klima	ganzjährig polare östliche Winde	

nannten ausgeprägte Klimazonen einen jahreszeitlichen Wechsel der klimabestimmenden hauptsächlich Anströmungsrichtung aufweisen (alternierende Klimate).

Ebenfalls unter Bezugnahme auf die großräumige atmosphärische Zirkulation führte Alissow (1950) eine genetische Systematisierung der Klimate nach dem vorherrschenden, jahreszeitlich variierenden Einfluss unterschiedlich charakterisierter Luftmassen durch.

Sehr viel komplexer verläuft die klassifikatorische Zuordnung innerhalb der von Hendl (1960) vorgeschlagenen Klassifikation. Neben verschiedenen Elementen der großräumigen Zirkulationsstruktur werden hier weitere relevante Parameter, wie etwa atmosphärische Schichtungscharakteristika oder orographische Luv- und Lee-Effekte, jeweils in ihrer jahreszeitlichen Variabilität, als zusätzliche Klassifikationskriterien herangezogen.

Als weiterer wichtiger Vertreter genetischer Klimaklassifikationen sei abschließend die Klassifikation in Energie-Input-Output-Klimate, auf der Grundlage des räumlich differenzierten Wärmehaushalts der Erdoberfläche, von Terjung und Louie (1972) genannt.