

## Report No. 1

# Übersicht über die Zeitreihen der Agromet Datenbank der FAO

Jürgen Grieser  
(DWD/GPCC)

### Inhalt:

<b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>	<b>2</b>
<b>EINLEITUNG .....</b>	<b>3</b>
<b>UNTERSUCHUNGEN ZU ALLEN VARIABLEN .....</b>	<b>3</b>
<b>UNTERSUCHUNGEN ZUR ZEITREIHENLÄNGENVERTEILUNG .....</b>	<b>8</b>
<b>DATENLÜCKEN.....</b>	<b>11</b>
<b>UNTERSUCHUNGEN ZUR BELEGUNG .....</b>	<b>12</b>
<b>RAUMZEITLICHE STATIONSVERTEILUNG .....</b>	<b>16</b>

## Zusammenfassung

Mit dem Ziel einer Erweiterung der Datenbank des GPCC (insbesondere um lange Zeitreihen) vor Augen wird ein erster Überblick über die meteorologische Datenbank der Welternährungsorganisation FAO gegeben.

Diese Datenbank wurde dem GPCC freundlicherweise zur Verfügung gestellt. Sie beinhaltet 30941 Zeitreihen von insgesamt 8 verschiedenen Variablen in monatlicher Auflösung. 30% der Zeitreihen sind Niederschlagsreihen, 20% Zeitreihen der Monatsmitteltemperatur und je 10% entfallen auf Maximum- und Minimumtemperatur (Monatsmittel der Tageswerte). Die durchschnittliche Länge der Zeitreihen beträgt knapp 50 Jahre. Dies geht über den bisherigen Zeithorizont des GPCC (ab 1986) begrüßenswert weit hinaus. Sowohl beim Niederschlag in Asien und Europa als auch bei der Temperatur in Europa treten darüber hinaus Zeitreihen auf, die mehr als 200 Jahre umspannen. Die längste Reihe (eine Niederschlagsreihe in Europa) ist 299 Jahre lang. Dem gegenüber stehen 185 Niederschlagszeitreihen mit nur einem Jahr Länge.

Um die Stationsdichte unter unterschiedlichen Bedingungen (Variable, Zeitreihenlänge, Lückenhaftigkeit, Belegung in gegebenem Jahr) für unterschiedlich große Gebiete (hier Kontinente) miteinander vergleichen zu können, wird ein effektiver maximaler Abstand eingeführt. Dieser gibt die größte mögliche Entfernung zur nächsten Station für den Fall gleichmäßiger Stationsverteilung in dem jeweiligen Gebiet an. Das Maß ist einerseits einfach zu berechnen, anschaulich und erlaubt einen direkten Vergleich unterschiedlicher Gebiete untereinander und mit Dekorrelationslängen (wichtig in späteren Projektphasen). Der effektive maximale Abstand wird daher bei allen Untersuchungen mitberechnet.

80% der Zeitreihen sind länger als 20 Jahre, ca. 45% sind länger als 50 Jahre. Dies entspricht effektiven maximalen Abständen von 62 km bei zwanzigjährigen Reihen des Niederschlags und 93 km bei gleichlangen Reihen der Temperatur. Beide Variablen zeigen z.T. deutliche regionale Schwankungen. Immerhin liegen fast 2000 hundertjährige Niederschlagsreihen und gut 1000 hundertjährige Temperaturreihen vor, was effektiven maximalen Abständen von 150 bzw. 200 km entspricht.

90% der Stationsjahre des Niederschlags und 86% der Stationsjahre der Temperatur sind lückenlos, d.h. im Schnitt hat jede Niederschlagszeitreihe alle 10 Jahre eine Datenlücke. Die zeitliche Belegung mit Beobachtungen variiert von Kontinent zu Kontinent und ist für diese gesondert dargestellt.

## Einleitung

Die Datenbank des GPCC enthält Niederschlagszeitreihen von weltweit 59287 Stationen in monatlicher Auflösung. Diese liegen im wesentlichen nur für den Zeitraum ab 1986 vor. Ziel des Projektes VarASCO ist es, zum einen die Datenbank um lange Zeitreihen des Niederschlags sowie anderer Variable zu erweitern und zum anderen, diese langen Zeitreihen zu statistischen Analysen in Raum und Zeit auf globaler Skala heranzuziehen.

In einem ersten Schritt wird hier ein Überblick über die von der Welternährungsorganisation FAO bereitgestellten Zeitreihen gegeben.

## Untersuchungen zu allen Variablen

Die FAO-Datenbank enthält 30941 Zeitreihen monatlicher Beobachtungen 8 verschiedener Variablen. Tabelle 1 zeigt, wie die Zeitreihen auf die Variablen und Kontinente verteilt sind

*Tabelle 1: Anzahl der beobachteten Zeitreihen monatlicher Beobachtungen verschiedener Variablen in den verschiedenen Kontinenten.*

Kontinente Variable	Afrika	Asien	Amerika	Europa	Ozeanien	Antarktis	Welt
Niederschlag	3395	2172	5611	1389	915	48	13530
Temperatur	605	1256	2765	765	515	90	5996
T_Min	223	653	1869	263	341		3349
T_Max	223	653	1690	263	341		3170
Rel. Hum.	454	256	366	341	57	2	1585
Vapor Pres.	433	477	599	446	61	2	2018
PET	90	63					153
Sunshine f.	352	231	388	278			1249
Summe	5775	5761	13288	3745	2230	142	30941

Um einen direkten Überblick über die Anzahl der Zeitreihen verschiedener Variablen auf verschiedenen Kontinenten zu erhalten, ist der Inhalt von Tabelle 1 zusätzlich in Abbildung 1 grafisch dargestellt.

Es gibt mehr als doppelt so viele Niederschlagszeitreihen wie Zeitreihen der Monatsmitteltemperatur. Für die Monatsmittel der Tagesmaxima und –minima liegen wiederum ca. halb so viele Zeitreihen vor. Die vier anderen Variablen sind durch deutlich weniger Zeitreihen repräsentiert. Erfreulich scheint zunächst die große Anzahl von Niederschlagsreihen auf dem afrikanischen Kontinent.

Für OCDAVar ist v.a. auch die Länge der Zeitreihen eine wichtige Kenngröße. Daher sind in Tabelle 2 die minimale, maximale und mittlere Länge aller verfügbaren Zeitreihen angegeben.

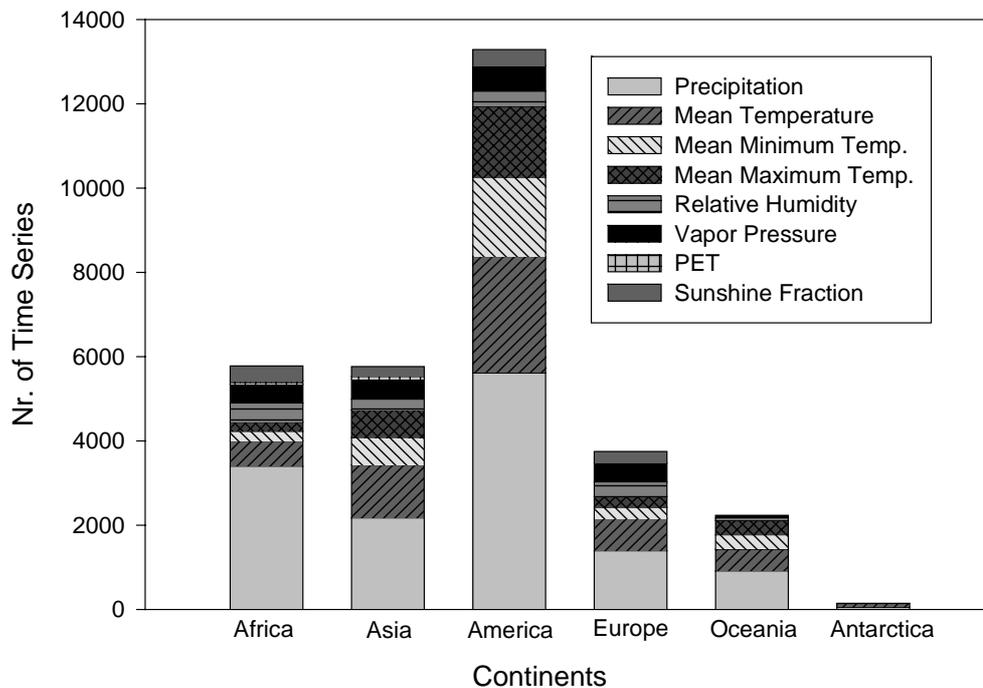


Abbildung 1: Anzahl der Zeitreihen verschiedener Variablen auf verschiedenen Kontinenten.

Tabelle 2 ist zu entnehmen, dass die FAO-Datenbank auch sehr kurze Zeitreihen von einem Jahr Länge beinhaltet. Die längste Reihe ist eine europäische Niederschlagsreihe von 299 Jahren. Aus der Zusammenschau der Tabellen 1 und 2 erkennt man, dass nur bei den Parametern Monatsmitteltemperatur und Niederschlag sowohl die Stationsdichte als auch die mittlere Zeitreihenlänge relativ hohe Werte aufweist.

*Tabelle 2: Minimale, mittlere und maximale Länge (in Jahren) der Zeitreihen verschiedener Variablen auf verschiedenen Kontinenten (obere Zahl: Mittelwert, untere Zahlen: Spanne).*

Kontinente Variablen	Afrika	Asien	Amerika	Europa	Ozeanien	Antarktis	Welt
Niederschlag	38 1 - 159	45 1 - 227	60 1 - 193	72 1 - 299	69 2 - 156	14 1 - 85	54 1 - 299
Temperatur	31 1 - 119	39 1 - 137	70 1 - 190	59 1 - 224	54 2 - 138	9 1 - 35	56 1 - 224
T_Min	14 1 - 55	40 1 - 118	80 18 - 140	59 21 - 109	59 17 - 138		64 1 - 140
T_Max	14 1 - 56	40 1 - 118	83 18 - 140	54 21 - 109	59 17 - 138		64 1 - 140
Rel. Hum.	6 1 - 15	6 1 - 16	6 1 - 7	6 1 - 7	5 1 - 7	6 6 - 6	6 1 - 16
Vap. Press.	14 1 - 39	13 1 - 22	13 1 - 22	15 1 - 22	18 1 - 22	13 12 - 14	14 1 - 39
PET	7 1 - 13	49 36 - 83					24 1 - 83
Sunshine f.	6 1 - 39	2 1 - 3	3 1 - 4	3 1 - 4			4 1 - 39
Aggregat	28 1 - 159	36 1 - 227	63 1 - 193	49 1 - 299	59 1 - 156	11 1 - 85	49 1 - 299

Die Aussagekraft der Tabellen 1 und 2 ist dadurch beschränkt, dass die verschiedenen Kontinente unterschiedlich groß sind. Daher ist es für einen Vergleich der Anzahl der Zeitreihen auf verschiedenen Kontinenten notwendig, die Größe der Kontinente mit zu berücksichtigen. Deshalb wird nun die Fläche pro Zeitreihe für die verschiedenen Kontinente angegeben. Dieses Maß erlaubt zwar einen objektiven Vergleich, ist aber recht abstrakt.

Um nun auch ein handlicheres Maß zu erhalten, wird darüber hinaus auch der effektive maximale Abstand (EMA) zur nächsten Station angegeben. Dieser wird wie folgt definiert. Teilt man die Fläche eines Kontinents in so viele gleichgroße Kreisflächen, wie der Kontinent Stationen hat und nimmt an, dass im Zentrum jedes Kreises eine Station ist, dann ist EMA der Radius der Kreise. Unter dieser Bedingung überlappen sich die Kreise teilweise und es gibt andererseits kleine Lücken von gleicher Größe. Kein Punkt auf dem Kontinent ist in diesem Fall weiter als der Radius der Kreise von einer Station entfernt (abgesehen von der erwähnten Unschärfe). Man erhält somit einerseits ein objektives und anschauliches Vergleichsmaß. Andererseits sind die Stationen in Realität niemals so gleichmäßig verteilt. Dies führt dazu, dass der maximale Abstand zur nächsten Station in ländlichen Gegenden deutlich höher sein kann, in urbanen Regionen dagegen deutlich geringer ist. Tabelle 3 enthält die Anzahl der Stationen (Zeitreihen) pro Variable und Kontinent und die jeweilige Fläche pro Station sowie EMA. Dabei ist die Fläche pro Station umgekehrt proportional zur

Anzahl der Stationen, während EMA umgekehrt proportional zur Wurzel der Anzahl der Stationen ist.

*Tabelle 3: Anzahl der Stationen (Zeitreihen), sowie Fläche pro Station und effektiver maximaler Abstand zur nächsten Station pro Kontinent und Variable (obere Zahl: Anzahl der Stationen, mittlere Zahl: Fläche pro Station in km<sup>2</sup>, untere fettgedruckte Zahl: effektiver maximaler Abstand in km, EMA).*

Kontinent Größe [mio. km <sup>2</sup> ]	Afrika	Asien	Amerika	Europa	Oceania	Antarktis	Welt	Welt ohne Antarktis
	30	44	42	10.5	8.5	13	148	135
Niederschlag	3395	2172	5611	1389	915	48	13530	13482
	8837	20258	7485	7559	9290	270833	10939	10013
	<b>53</b>	<b>80</b>	<b>49</b>	<b>49</b>	<b>54</b>	<b>294</b>	<b>59</b>	<b>56</b>
Temperatur	605	1256	2765	765	515	90	5996	5906
	49587	35032	15190	13725	16505	144444	24683	22858
	<b>126</b>	<b>106</b>	<b>70</b>	<b>66</b>	<b>72</b>	<b>214</b>	<b>89</b>	<b>85</b>
T_Min	223	653	1869	263	341		3349	3349
	134529	67381	22472	39924	24927		44192	40311
	<b>207</b>	<b>146</b>	<b>85</b>	<b>113</b>	<b>89</b>		<b>119</b>	<b>113</b>
T_Max	223	653	1690	263	341		3170	3170
	134529	67381	24852	39924	24927		46688	42587
	<b>207</b>	<b>207</b>	<b>89</b>	<b>113</b>	<b>89</b>		<b>122</b>	<b>116</b>
Rel. Hum.	454	256	366	341	57	2	1585	1583
	66079	171875	114754	30792	149123	6500000	93375	85281
	<b>145</b>	<b>234</b>	<b>191</b>	<b>99</b>	<b>218</b>	<b>1438</b>	<b>172</b>	<b>165</b>
Vap. Press.	433	477	599	446	61	2	2018	2018
	69284	92243	70117	23543	139344	650000	73340	66898
	<b>149</b>	<b>171</b>	<b>149</b>	<b>87</b>	<b>211</b>	<b>1438</b>	<b>153</b>	<b>146</b>
PET	90	63					153	153
	333333	698413					967320	882353
	<b>326</b>	<b>471</b>					<b>555</b>	<b>530</b>
Sunshine f.	352	231	388	278			1249	1249
	85227	190476	108247	37770			118495	108086
	<b>165</b>	<b>246</b>	<b>186</b>	<b>110</b>			<b>194</b>	<b>184</b>

Tabelle 3 zeigt, dass deutliche Unterschiede zwischen der absoluten Anzahl an Zeitreihen pro Kontinent und EMA bestehen. So sind auf dem amerikanischen Kontinent zwar etwa viermal so viele Niederschlagsstationen wie auf dem europäischen Kontinent, jedoch ist dieser auch etwa vier mal so groß. Die Stationsdichte ist somit vergleichbar. Man sieht weiter, dass, wenn alle Stationen gleichmäßig auf der Landoberfläche der Welt (ohne Antarktis) verteilt wären, man nie weiter als 56 km von der nächsten Niederschlagsstation und 85 km von der nächsten Temperaturstation des FAO-Datensatzes entfernt wäre. Für alle anderen Variablen sind die Stationen weniger dicht verteilt. Leider ist zu jedem beliebigen Zeitpunkt nur ein gewisser Anteil der Stationen aktiv. Damit sind die in Tabelle 3 angegebenen Flächen und maximalen Entfernungen untere Grenzen, die wahrscheinlich nicht realisiert werden.



## Untersuchungen zur Zeitreihenlängenverteilung

Da in OCDAVar Zeitreihenanalysen durchgeführt werden sollen, wird das Augenmerk im folgenden auf die Längenverteilung der Zeitreihen von Niederschlag und Monatsmitteltemperatur gerichtet.

Tabellen 4 und 5 geben an, wie viele Zeitreihen dieser beiden Variablen auf den verschiedenen Kontinenten eine bestimmte Länge (Anzahl von Jahren) aufweisen, bzw. überschreiten. Für Zeitreihenlängen größer bzw. gleich 20 Jahre wird zusätzlich der effektive maximale Abstand angegeben.

*Tabelle 4: Ausgesuchte Werte der Zeitreihenlängenverteilung des Niederschlags auf verschiedenen Kontinenten. Für Zeitreihenlängen größer oder gleich 20 Jahre wird zusätzlich der effektive maximale Abstand in km angegeben (jeweils zweite Spalte).*

Zeitreihenlänge [Jahre] Kontinent	=1	≥ 20		≥ 50		≥ 100	
Afrika	57	2301	64	992	98	79	348
Amerika	6	4914	52	3106	66	1029	114
Antarktis	5	13	564	0		0	
Asien	82	1756	89	740	138	197	267
Europa	35	1233	52	855	63	368	95
Ozeanien	0	835	57	547	70	292	96
Welt	185	11052	65	6241	87	1965	155
Welt o. Antarktis	185	11039	62	6241	83	1965	148

*Tabelle 5: Ausgesuchte Werte der Zeitreihenlängenverteilung der Temperatur auf verschiedenen Kontinenten. Für Zeitreihenlängen größer oder gleich 20 Jahre wird zusätzlich der effektive maximale Abstand in km angegeben (jeweils zweite Spalte).*

Zeitreihenlänge [Jahre] Kontinent	=1	≥ 20		≥ 50		≥ 100	
Afrika	9	406	153	88	329	7	1168
Amerika	12	2445	74	1757	87	858	125
Antarktis	11	17	493	0		0	
Asien	22	1028	117	278	224	70	447
Europe	34	648	72	366	96	150	149
Ozeanien	0	480	75	271	100	31	295
Welt	88	5024	97	2760	131	1116	205
Welt o. Antarktis	88	5007	93	2760	125	1116	196

Auf globaler Skala zeigt sich, dass gut 80% der Zeitreihen länger als 20 Jahre sind, 46% sind länger als 50 Jahre und 15% der Niederschlagsreihen sowie 19% der Temperaturreihen sind länger als 100 Jahre. Betrachtet man die effektiven Abstände, so sind diese Zahlen jedoch weniger ermunternd.

Abbildungen 2 und 3 zeigen den exakten Verlauf der Zeitreihenlängenverteilungen für die verschiedenen Kontinente und Variablen.

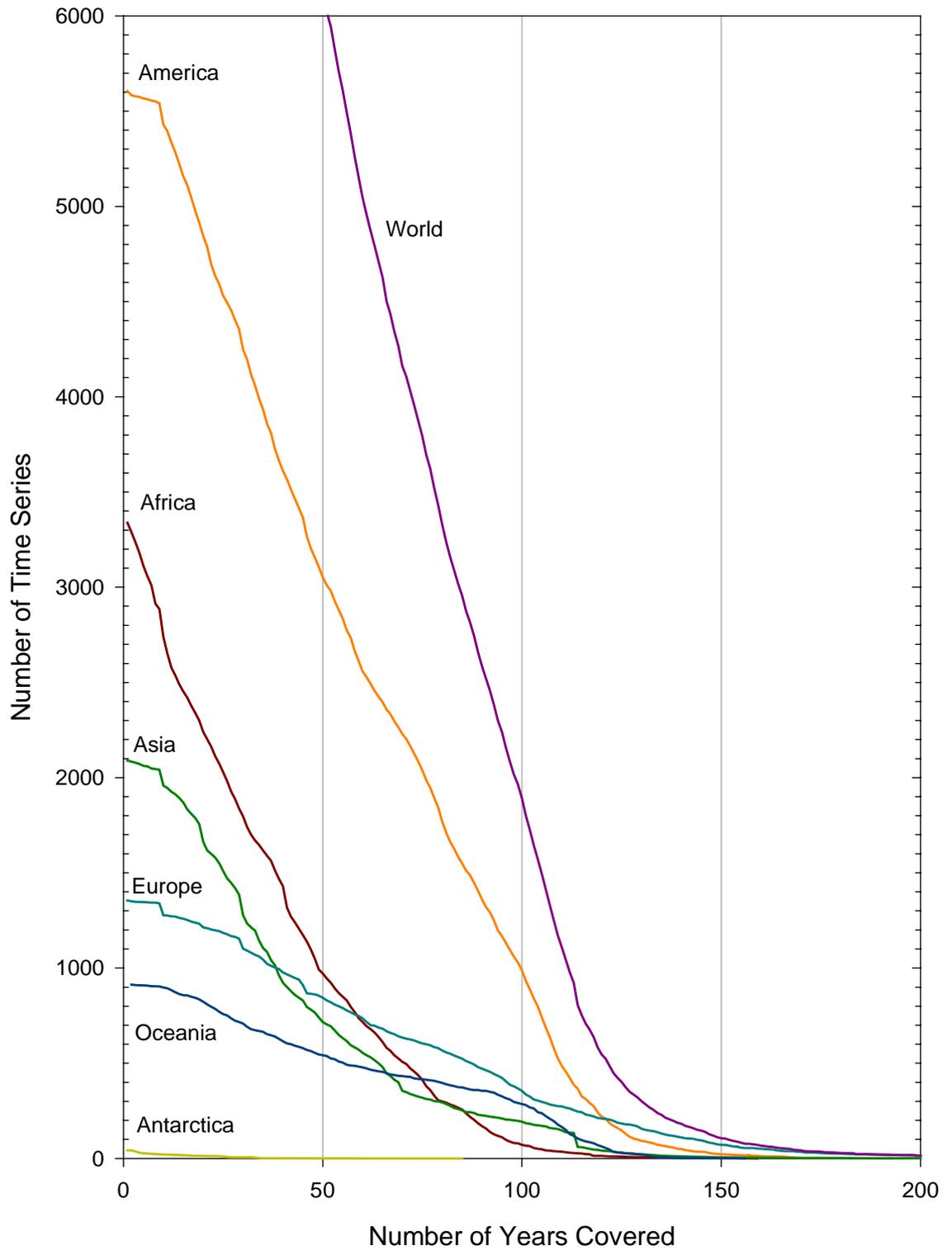


Abbildung 2: Zeitreihenlängenverteilungen des Niederschlags für verschiedene Kontinente.

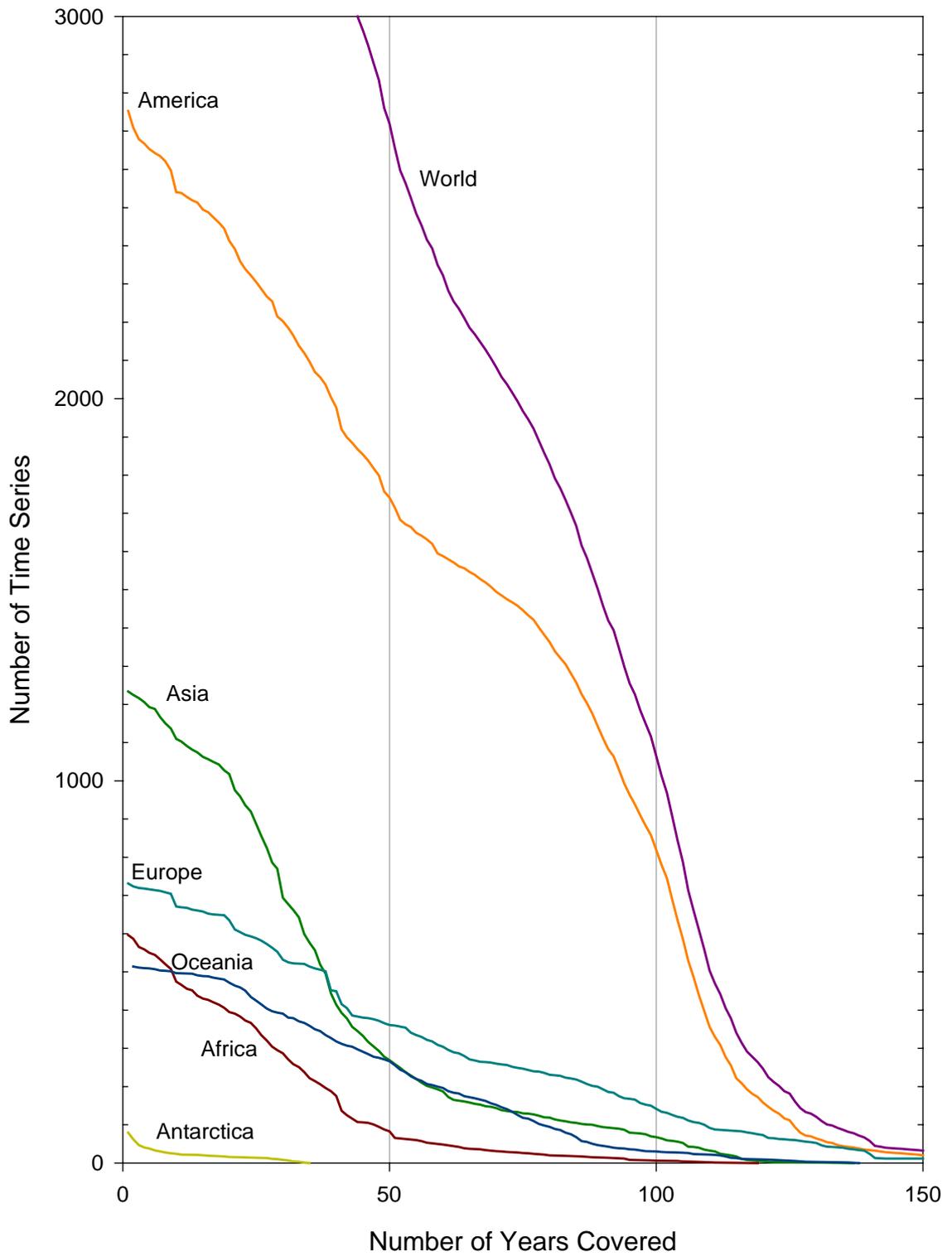


Abbildung 3: Zeitreihenlängenverteilung der Monatsmitteltemperatur für verschiedene Kontinente.

## Datenlücken

Zur Untersuchung der Datenlücken werden Stationsjahre betrachtet. 90% der Stationsjahre des Niederschlags und 86% der Stationsjahre der Temperatur sind lückenlos.

Die Anzahl der Stationsjahre mit und ohne Lücken für die verschiedenen Kontinente sind in Tabelle 6 für den Niederschlag und in Tabelle 7 für die Temperatur dargestellt.

*Tabelle 6: Anzahl der Stationsjahre des Niederschlags mit und ohne Lücken.*

	Alle Stationsjahre	Stationsjahre ohne Lücken	Stationsjahre mit Lücken	Anteil lückenloser Stationsjahre
Europa	99844	90959	8885	91.10
Afrika	128638	117658	10980	91.46
America	341552	299257	42295	87.62
Asien	96823	84478	12345	87.25
Antarktis	683	354	329	51.83
Ozeanien	62700	57692	5008	92.01
Welt	730240	652480	77760	89.35

*Tabelle 7: Anzahl der Stationsjahre der Temperatur mit und ohne Lücken.*

	Alle Stationsjahre	Stationsjahre ohne Lücken	Stationsjahre mit Lücken	Anteil lückenloser Stationsjahre
Europa	44984	40811	4173	90.72
Afrika	18576	14070	4506	75.74
Amerika	194316	165084	29232	84.96
Asien	48707	43365	5342	89.03
Antarktis	840	531	309	63.21
Ozeanien	27688	23215	4473	83.85
Welt	335111	287076	46457	86.14

Lückenhafte Datenreihen treten v.a. bei der Temperatur in Afrika und dem Niederschlag in der Antarktis auf.

Von besonderem Interesse ist der zeitliche Verlauf der Belegung mit lückenhaften und lückenlosen Jahren.

## Untersuchungen zur Belegung

Die Anzahl der Stationen, für die in einem beliebigen Jahr Niederschlagsbeobachtungen vorliegen und der Anteil derer, für die der vollständige Jahresgang vorliegt, ist in Abbildung 4 dargestellt. Abbildung 5 zeigt das Gleiche für die Temperatur. Für beide Variablen ist zu erkennen, dass die Belegung um 1970 am höchsten ist und vor 1950 rasch abnimmt.

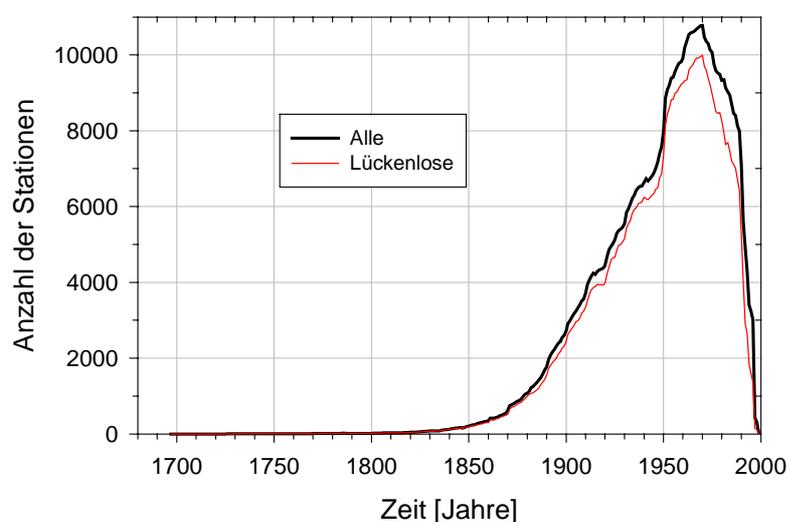


Abbildung 4: Anzahl der Niederschlagsstationen im Verlauf der Zeit mit und ohne Lücken.

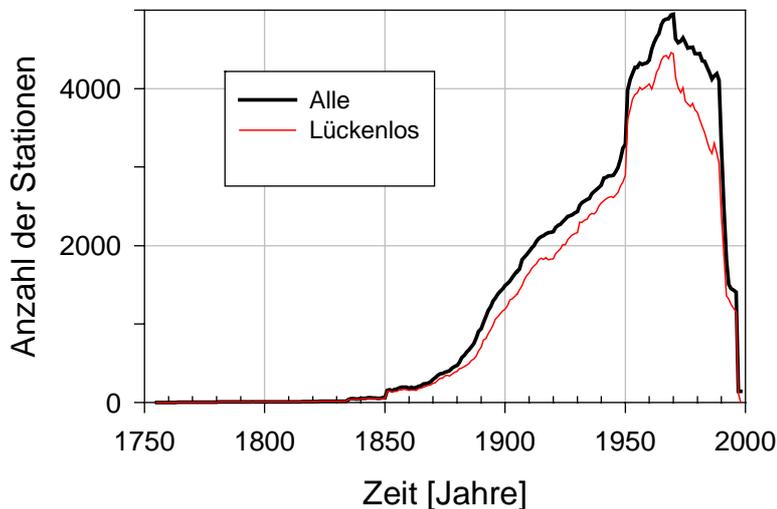


Abbildung 5: Wie Abbildung 4, jedoch für die Monatsmitteltemperatur.

Da der zeitliche Verlauf der Belegung von Kontinent zu Kontinent sehr unterschiedlich sein kann, zeigen ihn die Abbildungen 6 und 7 nach Kontinenten aufgeschlüsselt. Insbesondere bei der Temperatur sind deutliche Abweichungen vom globalen Verhalten zu erkennen. Um die Vergleichbarkeit zwischen den verschiedenen Kontinenten zu gewährleisten wird zusätzlich zur Stationsanzahl wieder Information über den effektiven maximalen Abstand verwendet. Dies geschieht hier, indem die für jeden Kontinent notwendige Anzahl von Stationen berechnet wird, die einen vorgegebenen effektiven maximalen Abstand gewährleisten. Diese sind für verschiedene EMA in Tabelle 8 angegeben und in den Abbildungen 6 und 7 als Schwellen eingezeichnet.

Tabelle 8: Notwendige Anzahl von Stationen auf einem Kontinent um einen vorgegebenen effektiven maximalen Abstand einzuhalten.

Kontinent	Fläche [ $10^6 \text{ km}^2$ ]	EMA = 50 km	EMA = 100 km	EMA = 200 km
Afrika	30	3816	955	239
Amerika	42	5347	1337	334
Antarktis	13	1655	414	103
Asien	44	5602	1401	350
Europa	10.5	1337	334	84
Ozeanien	8.5	1082	271	68
Welt	148	18844	4711	1178
Welt o. Antarktis	135	17189	4297	1074

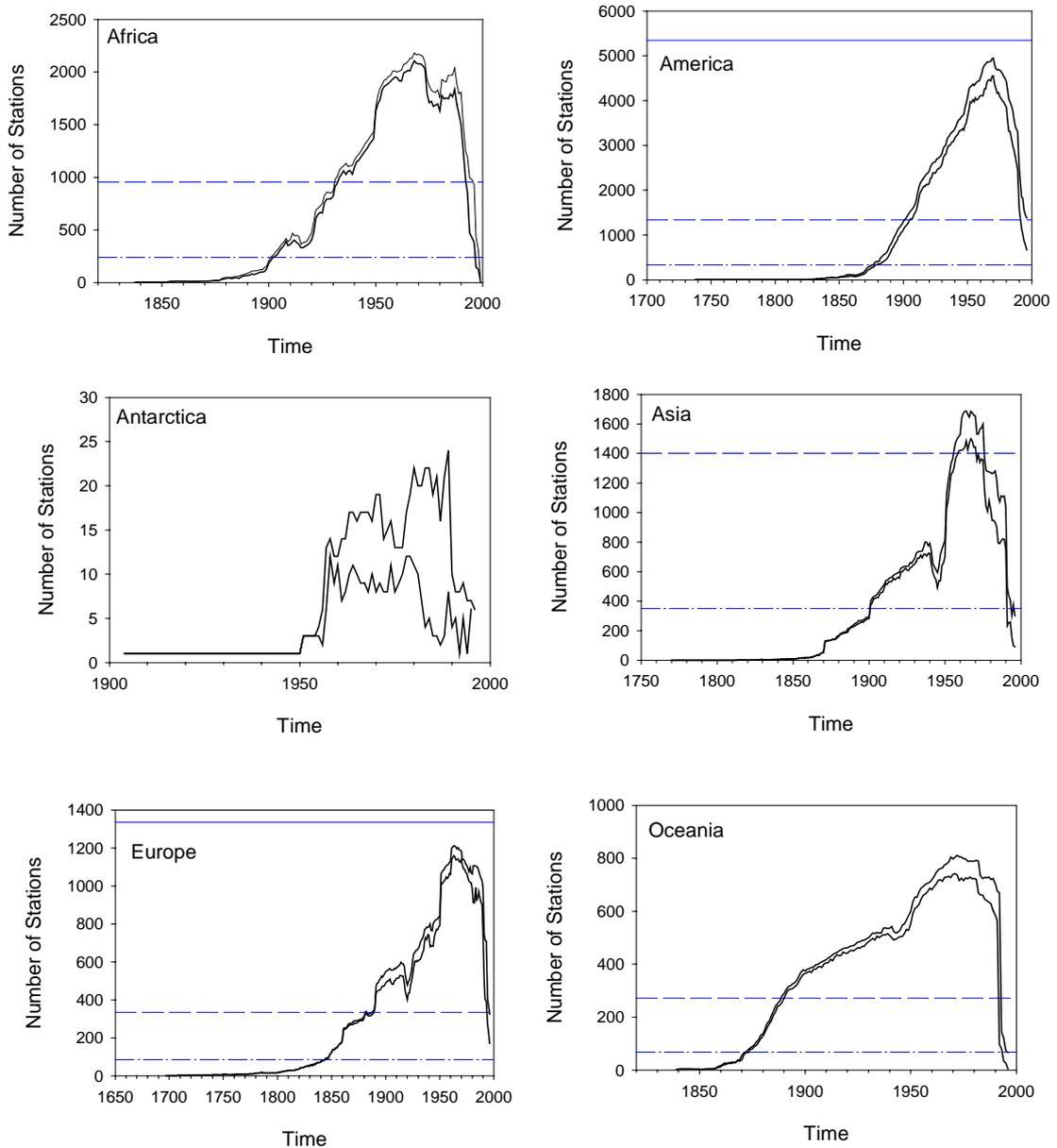


Abbildung 6: Stationsbelegung des Niederschlags für verschiedene Kontinente. Horizontale (blaue) Linien markieren die notwendige Anzahl von Stationen um EMA = 50 km (durchgezogene Linien), EMA= 100 km (gestrichelte Linien) und EMA=200 km (Strich-Punkt-Linien) zu erhalten.

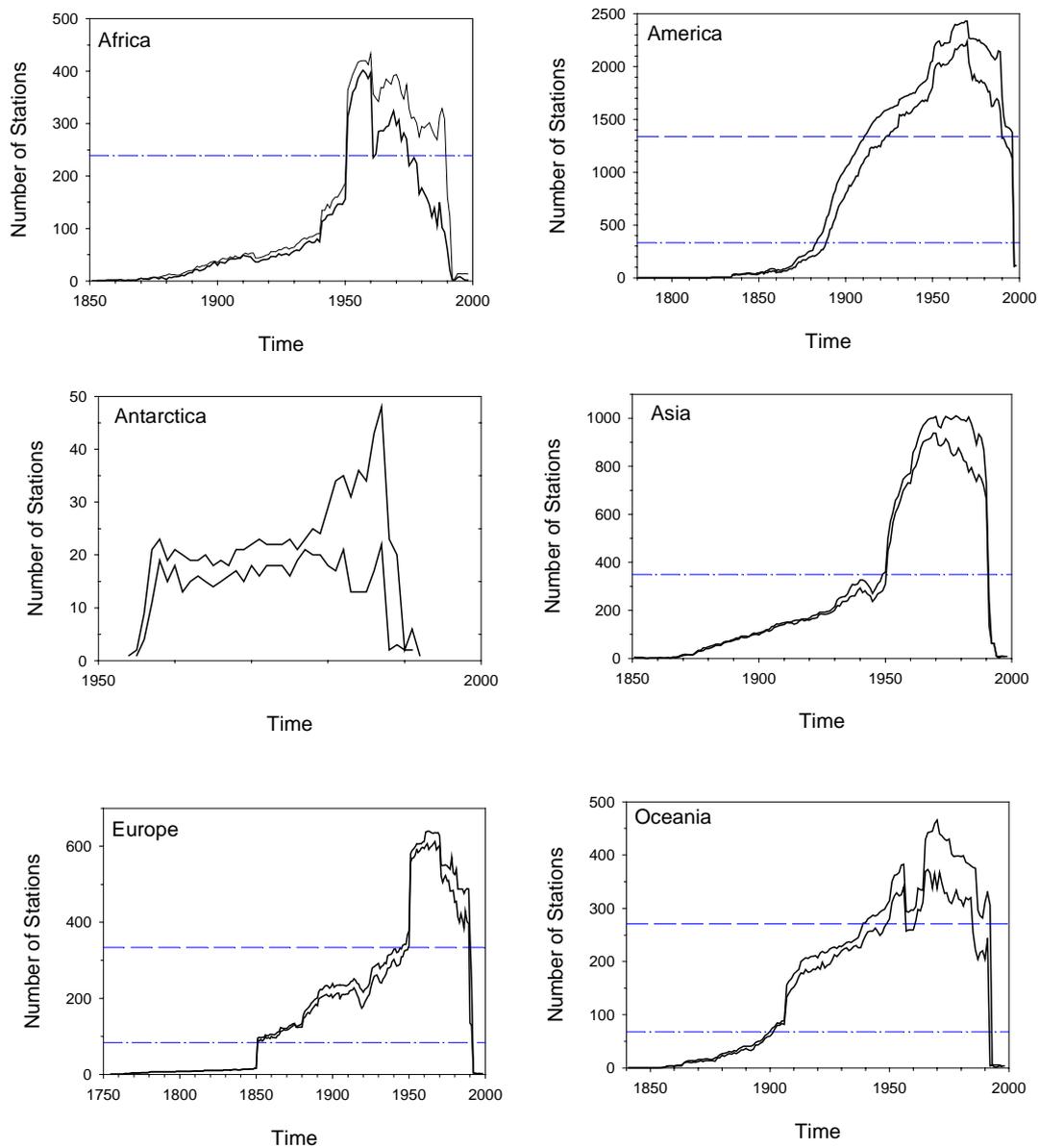


Abbildung 7: Wie Abbildung 6, jedoch für die Temperatur.

## Raumzeitliche Stationsverteilung

Um einen besseren Überblick über die Stationsverteilung zu erhalten sind in den Abbildungen 8 und 9 die aktiven Stationen zu unterschiedlichen Zeitpunkten in Weltkarten eingezeichnet.

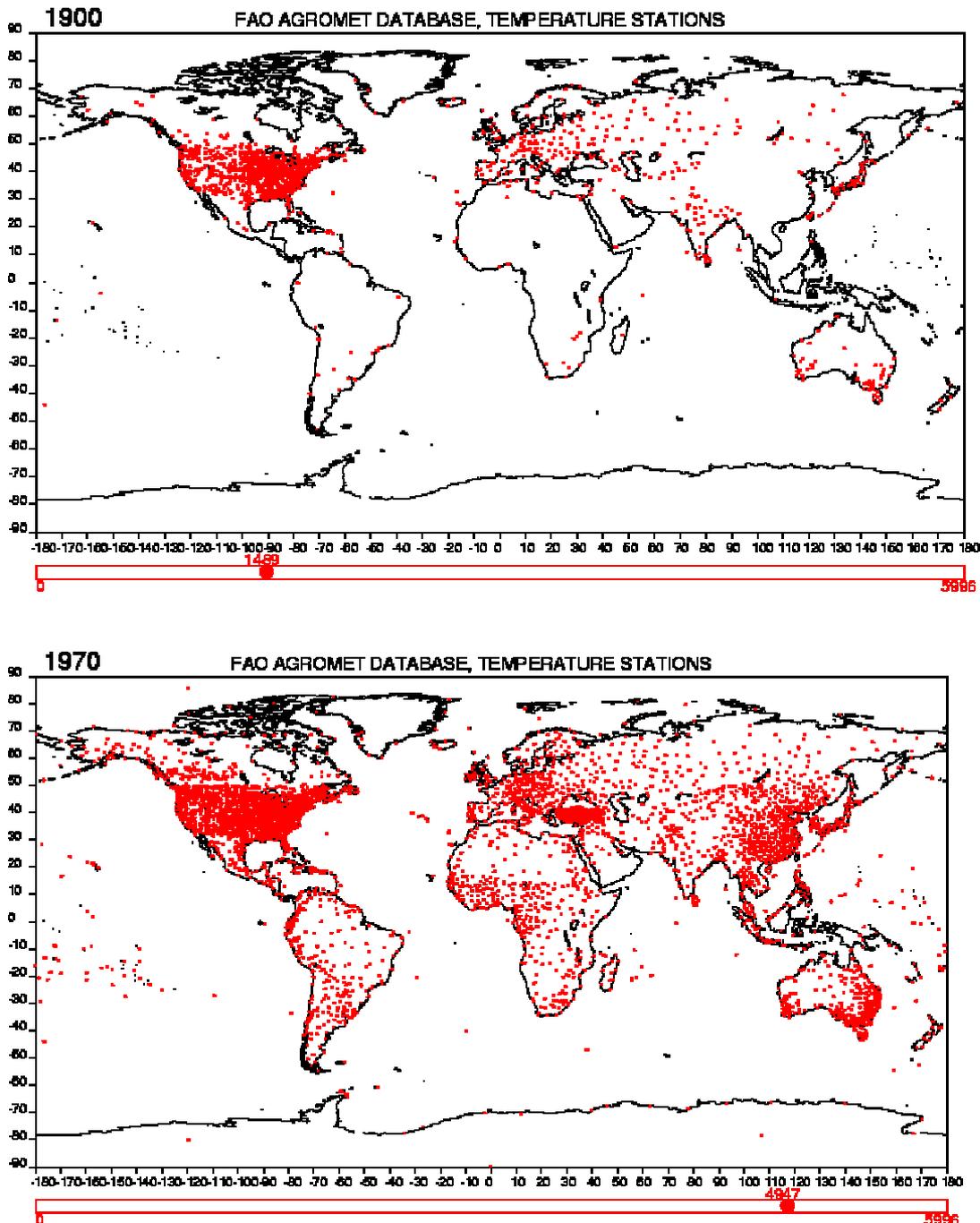


Abbildung 8: Räumliche Verteilung der Temperaturstationen im Jahr 1900, 1970 (Jahr mit maximaler Anzahl an aktiven Stationen), sowie 1991 und 1992 (Jahre mit maximalem Rückgang der aktiven Stationen).

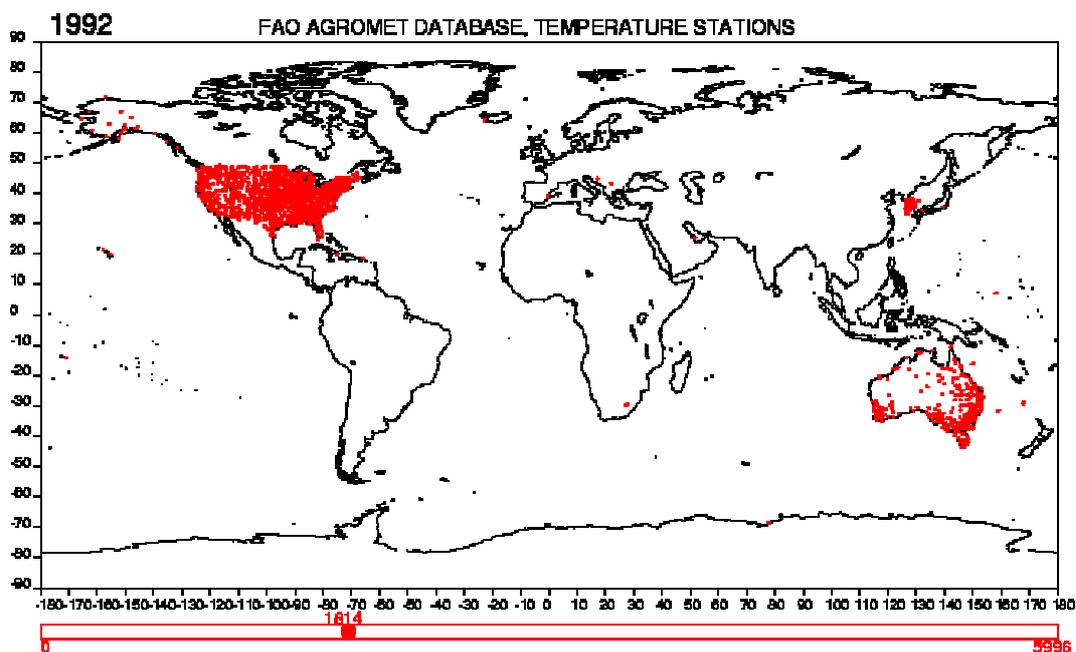
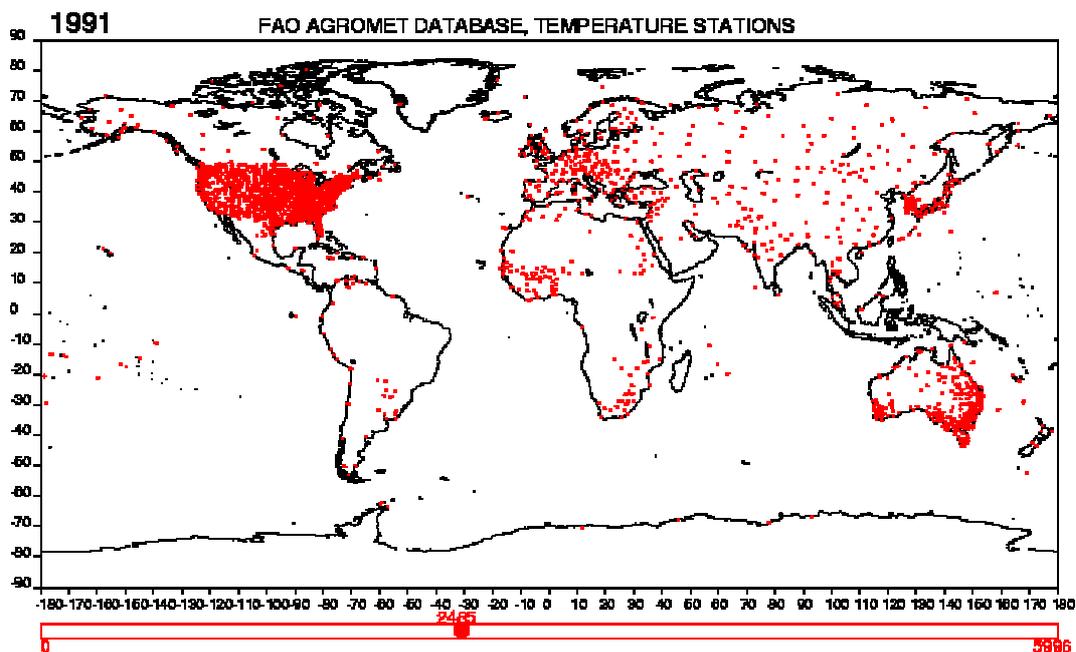


Abbildung 8: Folgeteil.

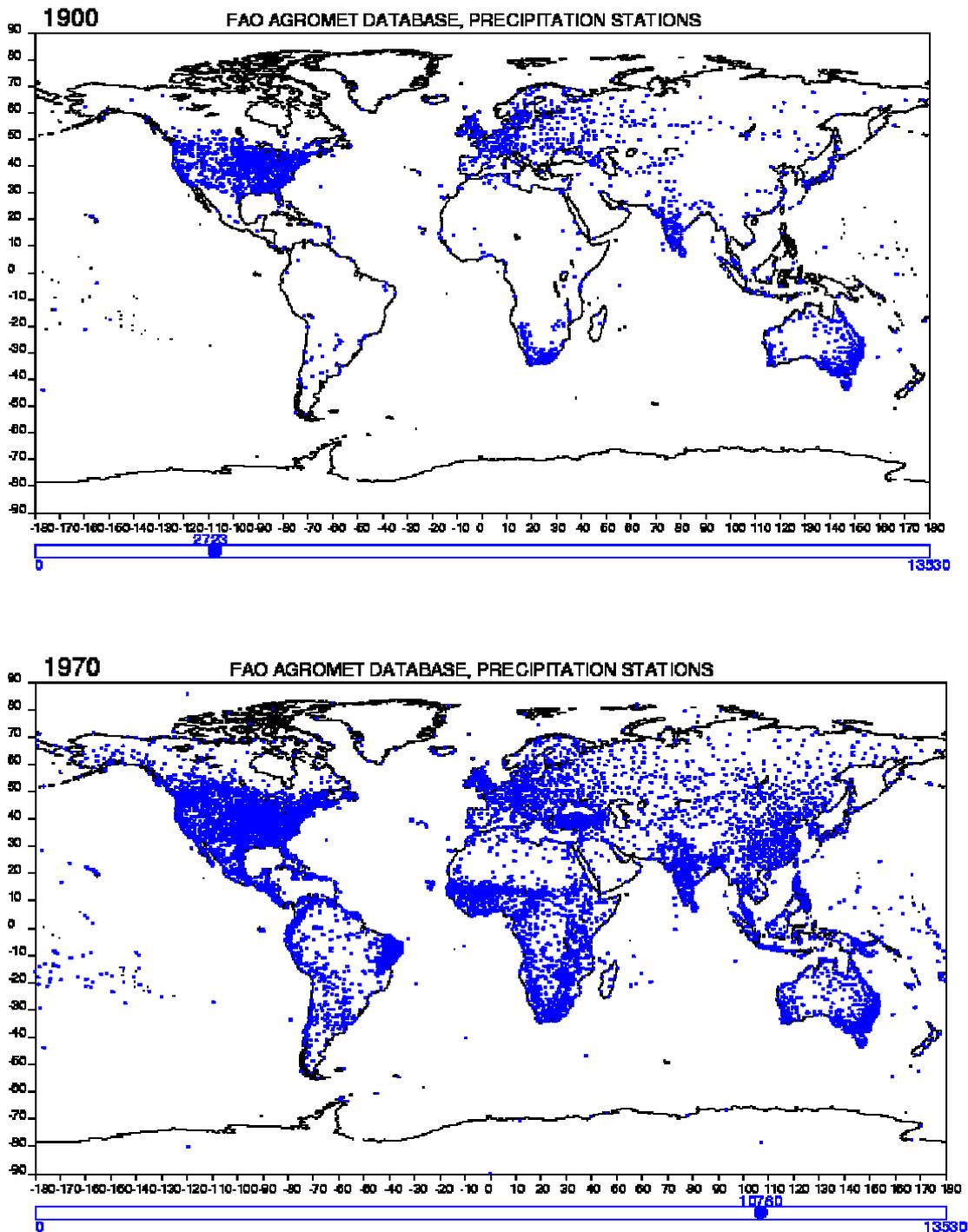


Abbildung 9: : Räumliche Verteilung der Niederschlagsstationen im Jahr 1900, 1970 (Jahr mit maximaler Anzahl an aktiven Stationen), sowie 1996 und 1997 (Jahre mit maximalem Rückgang der aktiven Stationen).

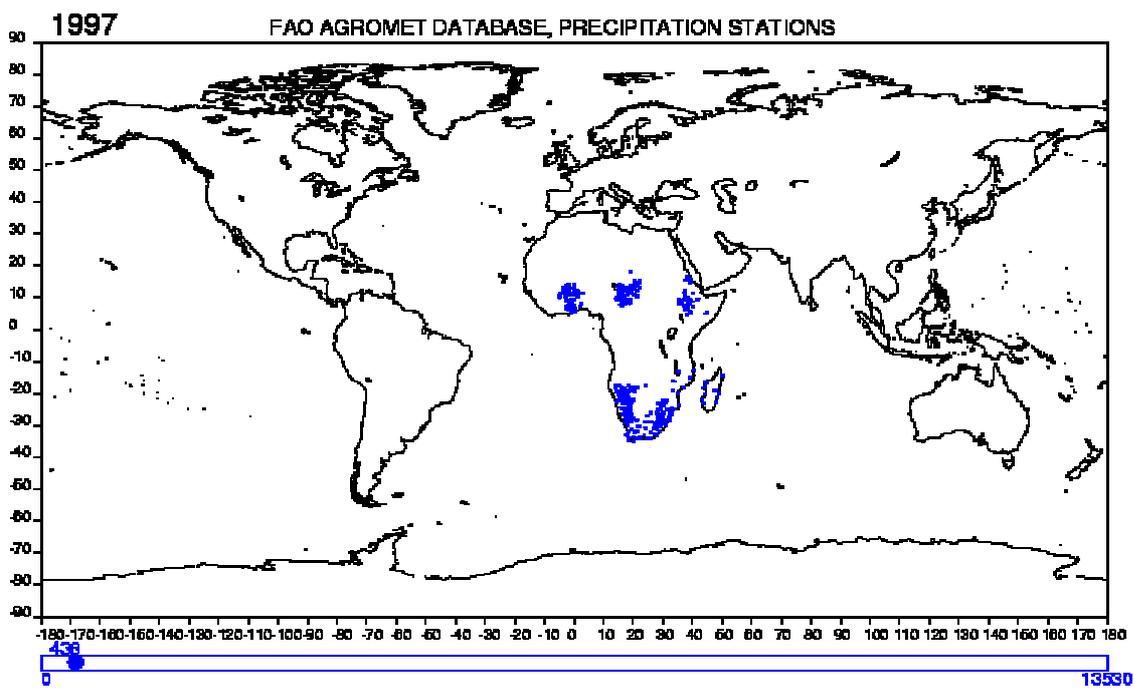
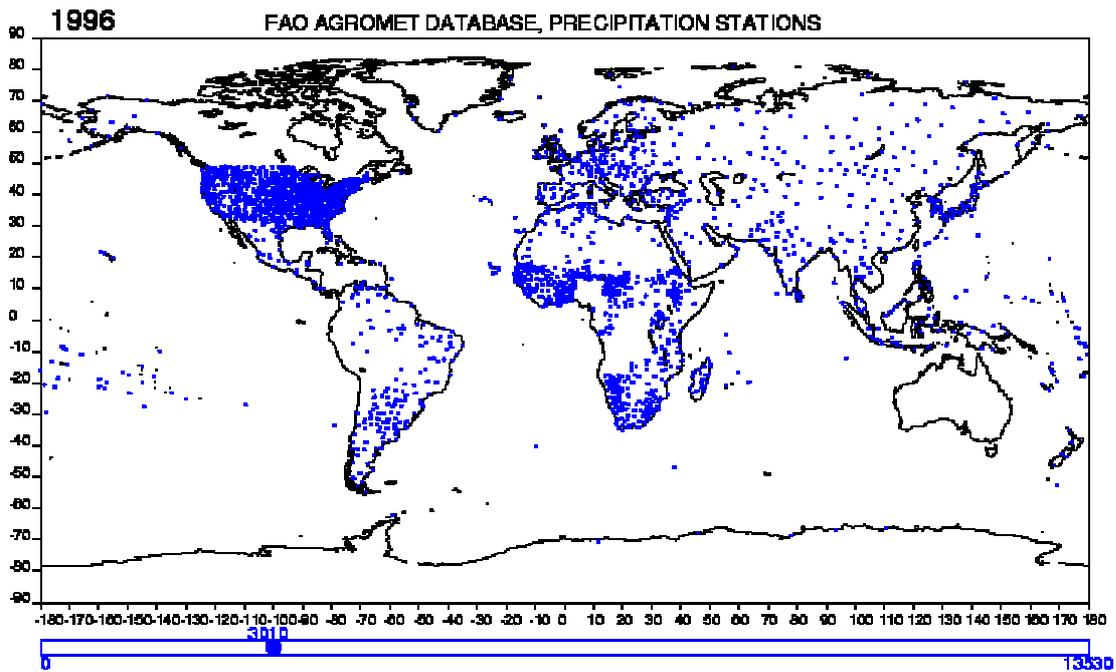


Abbildung 9: Folgeteil.

Den Abbildungen 8 und 9 kann man entnehmen, dass die Stationsdichte in ihrem Maximum im Jahr 1970 zwar für beide Variablen hoch ist, dass sie aber für die Temperatur schon zu Beginn der neunziger Jahre des letzten Jahrhunderts wieder stark abnimmt auf Werte, wie sie vor einhundert Jahren üblich waren. Beim Niederschlag findet dieser dramatische Rückgang Mitte der neunziger Jahre statt.