



## Die unperiodischen Witterungserscheinungen auf Grund 111jähriger Aufzeichnungen der Niederschlagstage.

Von

**Albert Riggerbach.**

---

Basel besitzt mehr als 100 Jahre umfassende Aufzeichnungen der Tage mit Niederschlag, nämlich von 1755 — 1803 und 1827 — 1888. Bei der Seltenheit eines so ausgedehnten und homogenen Materiales dürfte eine Bearbeitung desselben nach den von Herrn W. Köppen<sup>1)</sup> aufgestellten Gesichtspunkten ein mehr als locales Interesse haben, um so eher, als unlängst derartige Untersuchungen durch die verdienstliche Arbeit des Herrn Hugo Meyer<sup>2)</sup> eine neue Anregung erhalten haben.

Wir beabsichtigen im Folgenden nur eine knappe Darlegung einiger Resultate und beschränken uns darum auf die zur Erläuterung der Tabellen unerlässlichen Angaben.

---

<sup>1)</sup> Köppen. Repertorium für Meteorologie, Bd. 2. 1872.

<sup>2)</sup> Hugo Meyer. Die Niederschlags - Verhältnisse von Deutschland. Aus dem Archiv der deutschen Seewarte. Jahrg. 11. N<sup>o</sup> 6. 1888.

1. Aus dem Beobachtungsjournal erhält man durch einfache Abzählung, wie oft in dem betrachteten Zeitraume 1, 2, 3 etc. Tage mit gleichartiger Witterung aufeinander gefolgt sind. Diese Zählung wurde für die Niederschlags- und die Trockentage gesondert durchgeführt. Es sei  $p_r$  die Anzahl der  $r$  tägigen Perioden einer Art und  $P_r$  die Summe dieser und aller längern, dann ist

$$w_r = \frac{p_r}{P_r} \quad 1)$$

die Wahrscheinlichkeit eines Wetterwechsels nach Ablauf von  $r$  Tagen gleicher Witterung.

Tabelle 2 zeigt:

1. Der Umschlag vom Regenwetter zum Trocknen ist durchweg und besonders im Winter wahrscheinlicher als der entgegengesetzte.

2. Die Wahrscheinlichkeit eines Umschlags ist um so geringer, je länger die betreffende Witterung schon bestanden hat.

3. Die Wahrscheinlichkeit der Fortdauer trockner Witterung ist im Winter grösser als im Sommer, und entsprechend die Fortdauer regnerischer Witterung im Winter kleiner als im Sommer.

2. Die Wahrscheinlichkeit, dass nach Ablauf von  $r$  Tagen gleichen Wetters der Umschlag gerade nach  $s$  weitem Tagen eintrete, ist

$$w_{r(s)} = \frac{p_{r+s}}{P_r} \quad 2)$$

demnach die Wahrscheinlichkeit, dass dieselbe Witterung noch mindestens  $s$  Tage anhalte

$$W_{r(s)} = \frac{P_{r+s}}{P_r} = 1 - (w_r + w_{r'} + w_{r''} + \dots w_{r^{(s-1)}}) \quad 3)$$

Diese Wahrscheinlichkeiten (Tabelle 3) geben an, mit welcher Sicherheit man unter der Annahme des Fortbestandes der augenblicklichen Witterung eine Prognose für den folgenden, zweitfolgenden u. s. w. Tag aufstellen kann. Sie führen zu dem Resultat.

4. Geht man von einem Niederschlagstage aus, so ist es stets wahrscheinlicher, dass der nächste Tag auch Niederschläge bringen werde, als nicht; für den zweitfolgenden Tag ist dagegen ein Umschlag das Wahrscheinlichere.

5. Geht man aber von einem Trockentage aus, so kann man namentlich im Winter und, wenn schon mehrere Trockentage vorausgegangen sind, selbst auf den drittfolgenden Tag mit Wahrscheinlichkeit die Prognose auf Andauer der Witterung stellen.

3. Ist  $N$  die Anzahl der Niederschlagstage und  $T$  die Anzahl der Trockentage innerhalb einer gegebenen Zeit, so sind

$$n = \frac{N}{N+T} \quad \text{und} \quad t = \frac{T}{N+T} \quad 4)$$

die Wahrscheinlichkeiten des Eintritts oder Nicht-Eintritts von Niederschlag an einem beliebigen Tage. Wenn nun die Witterung eines Tages ohne allen Einfluss auf die des folgenden Tages wäre, so müsste wie Köppen nachweist, die Zahl der Niederschlagsperioden und Trockenperioden betragen:

$$\begin{aligned} \text{Niederschlagsperioden: } & \pi_1 = N t^2; \quad \pi_2 = \pi_1 \cdot n, \quad \pi_r = \pi_1 n^{r-1} \\ \text{Trockenperioden: } & \pi'_1 = T n^2; \quad \pi'_2 = \pi'_1 t, \quad \pi'_r = \pi'_1 t^{r-1} \end{aligned} \quad \left. \vphantom{\begin{aligned} \text{Niederschlagsperioden: } \\ \text{Trockenperioden: } \end{aligned}} \right\} 5)$$

und dabei sein:

$$\pi_1 + \pi_2 + \dots = \pi'_1 + \pi'_2 + \dots = H = \frac{NT}{N+T} \quad 6)$$

Diese Werthe bezeichnen wir als theoretische Zahl der Perioden. Der Vergleich mit der wahren Periodenzahl ergibt:

6. Trockenperioden unter 6, Niederschlagsperioden unter 4 Tagen sind seltener, längere häufiger, als wenn keine Beziehung zwischen der Witterung aufeinander folgender Tage bestände.

4. Ist  $P_n$  die Gesamtzahl der Niederschlagsperioden und  $P_t$  die der Trockenperioden, so gibt  $P_n + P_t$  die Anzahl der Witterungswechsel im betreffenden Zeitabschnitte an, mithin ist  $\frac{P_n + P_t}{N + T}$  die Wahrscheinlichkeit eines Wetterwechsels oder die sogenannte Veränderlichkeit des Wetters, und  $\frac{2H}{N + T}$  die theoretische Wahrscheinlichkeit oder Veränderlichkeit. (Tab. 4 b.)

Die Brüche  $\frac{N}{P}$  und  $\frac{T}{P}$ , wo  $P$  die Gesamtzahl der Perioden einer Art, die für Niederschlags- und Trockenperioden sehr nahe dieselbe sein muss, da sie zugleich die Anzahl der Wetterwechsel im einen oder andern Sinn darstellt, geben die mittlere Periodenlänge an. Setzt man für  $P$  die Zahl der beobachteten Perioden, so erhält man die wahren mittlern Längen  $L_n$  und  $L_t$ ; führt man aber für  $P$  den Ausdruck von  $H$  (Formel 6) ein, so erhält man die theoretischen Periodenlängen

$$A_n = 1 + \frac{N}{T} \quad \text{und} \quad A_t = 1 + \frac{T}{N} \quad (7)$$

Die wahren mittlern Periodenlängen sind durchweg grösser, als die theoretischen (Tabelle 1.), woraus hervorgeht, dass die Witterung eine Tendenz zu ihrer Erhaltung in sich trägt. Als Mass derselben hat Köppen

den sog. Index der Erhaltungstendenz eingeführt, derselbe kann bezeichnet werden als das Verhältniss des Ueberschusses der wahren über die theoretische Periodenlänge zur wahren, ist also gleich

$$J = \frac{\frac{N}{P} - \frac{N}{H}}{\frac{N}{P}} = 1 - \frac{P}{H} \quad 8)$$

Es liegt auf der Hand, dass sich für  $J$  derselbe Wert aus den Niederschlags- wie aus den Trockenperioden ergeben muss; nur weil bei der Zählung der Perioden der einzelnen Monate nicht immer mit einer vollen und auch nicht immer mit einer der Anfangsperiode entgegengesetzten geschlossen wurde, kommt eine kleine Differenz zwischen beiderlei Werten zu Stande. Um das ganze Material auszunützen, setze man in 8) statt  $P$  die Summe aller Niederschlags- und Trockenperioden und ebenso statt  $H \dots 2 H$ , man erhält dann die definitiven Werte des Index (Tabelle 4).

5. Der Index der Erhaltungstendenz gibt an, in welchem Grade sich die wirkliche Witterung von jener unterscheidet, die bei gleicher Zahl der Trocken- und Niederschlagstage durch deren zufällige Abwechslung hervorgebracht würde. Sein jährlicher Gang zeigt:

7. Den Character grösster Beständigkeit trägt die Witterung im September, den geringster im August; März und April zeichnen sich durch relativ grosse, die Sommermonate und etwas weniger auch der November durch geringere Beständigkeit aus.

Ob diese Beständigkeit in der Natur der trocknen oder der regnerischen Witterung liege, lässt sich, wie aus

der Definition des Index erhellt, aus diesem allein nicht entscheiden.

6. Durch die Zahl der Niederschlagstage und der Niederschlagsperioden in einem gegebenen Zeitraum ist auch die der Trockentage und der Trockenperioden folglich auch ihre mittlere Länge mitbestimmt, nicht aber der durchschnittliche Wert der Abweichungen der einzelnen Perioden von der mittleren Länge.

Um dies nachzuweisen, denke man sich eine Niederschlagsperiode von zwei die mittlere Länge  $L_t$  übersteigenden Trockenperioden von  $t_1$  resp.  $t_2$  Tagen umrahmt, und es sei  $t_1 \leq t_2$ . Zur Summe der Abweichungen liefern diese beiden Perioden den Beitrag

$$t_1 - L_t + t_2 - L_t = t_1 + t_2 - 2 L_t$$

Schiebt man nun die Niederschlagsperiode um  $u$  Tage rückwärts, so erhalten die Trockenperioden die Längen  $t_1 - u$  und  $t_2 + u$ , und wenn  $u$  so gross genommen wird, dass

$$t_1 - u < L_t$$

so ist jetzt der Beitrag der beiden Perioden zur Summe der Abweichungen

$$L_t - (t_1 - u) + t_2 + u - L_t = t_2 - t_1 + 2 u$$

also hat diese Summe zugenommen um

$$2 (L_t + u - t_1)$$

Damit ist erwiesen, dass bei derselben Anzahl von Trockentagen und Trockenperioden, die mittlern Abweichungen sehr verschiedene Werte haben können. Die mittlere Abweichung kann indess den Maximalwert

$$\frac{2 (P - 1) (L - 1)}{P} \quad 9)$$

nicht übersteigen.

Es ist nicht schwer, zu beweisen, dass bei zufälliger Abwechslung der Niederschlags- und Trockentage, die mittlern Abweichungen, d. h. das arithmetische Mittel aus den absoluten Beträgen der Einzelabweichungen die Werte hat

$$\begin{array}{l} A_n = 2n, \quad A_t = 2t \quad \text{falls,} \quad 1 < A_n < 2 \\ \text{oder } A_n = 4n^2, \quad A_t = 4t^2 \quad \text{falls} \quad 2 < A_n < 3 \end{array} \quad \left. \vphantom{\begin{array}{l} A_n = 2n, \quad A_t = 2t \\ \text{oder } A_n = 4n^2, \quad A_t = 4t^2 \end{array}} \right\} 10)$$

welche wir als theoretische Abweichung bezeichnen.

7. Grosse Werte der mittlern Abweichung vertragen ein Vorhandensein langer Perioden und entsprechend zahlreicher ganz kurzer, kleine Werte der Abweichung einen nahen Anschluss an die mittlere Periodenlänge.

Die mittlere Abweichung zeigt, wie die mittlere Periodenlänge selbst, einen ausgesprochenen jährlichen Gang. Dass dieser wesentlich eine Folge des jährlichen Ganges der Zahl der Niederschlagstage ist, geht aus der Uebereinstimmung im Gange der wahren und theoretischen Abweichungen resp. Periodenlängen hervor. Zur Elimination dieses Ganges bilden wir die Differenz der wahren und theoretischen Abweichung und reduciren alle diese Differenzen, um sie unter sich vergleichbar zu machen, durch Division mit der wahren Abweichung auf dieselbe Einheit. Die so gewonnene Grösse nennen wir den Index der Abweichungen. Derselbe kann als Mass dafür dienen, in wie weit die trockne oder die regnerische Witterung für sich von der durch zufällige Abwechslung bedingten abweicht, also eine Erhaltungstendenz besitzt.

Zum Index der Erhaltungstendenz stehen die Indices der Abweichung in der einfachen Beziehung, dass die Summe der letztern zu erstem ein für alle Monate nahe constantes Verhältniss besitzt.

Aus den Abweichungsindices erhalten wir folgenden Aufschluss über die Quelle der Erhaltungstendenz in den einzelnen Monaten:

8. Die grosse Beständigkeit des Septemberwetters und in geringerem Grade auch die des Mai rührt hauptsächlich von einer Beständigkeit der regnerischen Witterung her, doch zeigt in diesen Monaten auch das trockne Wetter eine grosse Stabilität.

9. Umgekehrt verhält es sich im März, April und October.

10. Das Minimum der Erhaltungstendenz im August wird durch die geringe des Niederschlags, der fast ebenso niedrige Wert des Juli mehr durch die geringe Beständigkeit der trocknen Witterung herbeigeführt. Im November zeigt beiderlei Witterung geringe Constanz.

11. Die Trockenzeiten zeigen im März und October die stärkste Tendenz ihres Fortbestandes, im Winter ist diese nur wenig, in den drei gewitterreichen Sommermonaten beträchtlich schwächer.

12. Auch die Regenperioden haben zwei Beständigkeitsmaxima im Mai und September und ein deutlicher als bei den Trockenperioden ausgeprägtes Winterminimum.

---

Tabelle 1 a.

**Trockenperioden 1755 — 1803, 1827 — 1888.**

	Zahl der Trocken- tage.	Zahl der Perioden.	Wahre mittlere Länge.	Theoreti- sche mitt- lere Länge.	Index der Erhaltungstendenz.
Januar . . .	2097	587.69	3.568	<b>2.560</b>	0.282
Februar . . .	1824	535.46	3.406	2.391	0.298
März . . . .	1989	579.37	3.433	2.370	0.310
April . . . .	1848	564.96	3.271	2.247	0.313
Mai . . . . .	1809	600.22	3.014	2.111	0.300
Juni . . . . .	1594	610.13	<i>2.613</i>	<i>1.918</i>	0.266
Juli . . . . .	1893	644.14	2.939	2.223	0.244
August . . .	1952	645.26	3.025	2.311	<i>0.236</i>
September .	1930	553.41	3.487	2.379	<b>0.318</b>
October . . .	2018	574.36	3.514	2.418	0.312
November .	1877	591.76	3.172	2.292	0.278
December .	2079	579.07	<b>3.590</b>	2.526	0.296
Frühling . .	5646	1744.55	3.236	2.237	0.309
Sommer . .	5439	1899.53	2.863	2.140	0.253
Herbst . . .	5825	1719.53	3.388	2.362	0.303
Winter . . .	6000	1702.22	3.525	2.494	0.293
Jahr . . . .	22910	7065.83	3.242	2.299	0.291

Tabelle 1 b.

**Niederschlagsperioden 1755 — 1803, 1827 — 1888.**

	Zahl der Nieder- schlags- tage.	Zahl der Perioden.	Wahre mittlere Länge.	Theoreti- sche mitt- lere Länge.	Index der Erhaltung- tendenz.
Januar . . .	1344	583.81	2.302	1.641	0.287
Februar. . .	1311	538.01	2.437	1.719	0.295
März . . . .	1452	578.75	2.509	1.730	0.310
April . . . .	1482	569.43	2.603	1.802	0.308
Mai . . . . .	1632	600.48	2.718	1.900	0.301
Juni . . . . .	1736	614.97	<b>2.823</b>	<b>2.089</b>	0.260
Juli . . . . .	1548	643.75	2.405	1.818	0.244
August . . .	1489	639.27	2.329	1.763	0.243
September .	1400	547.94	2.555	1.725	<b>0.325</b>
October . . .	1423	588.65	2.417	1.705	0.295
November .	1453	586.42	2.478	1.774	0.284
December .	1362	573.09	2.377	1.655	0.304
Frühling . .	4566	1748.66	2.611	1.809	0.307
Sommer. . .	4773	1897.99	2.515	1.878	0.253
Herbst . . .	4276	1723.01	2.482	1.734	0.301
Winter . . .	4017	1694.91	2.370	1.670	0.296
Jahr. . . . .	17632	7064.57	2.496	1.770	0.291

Tabelle 2.

**Wahrscheinlichkeit eines Wetterwechsels nach  
Ablauf von  $a$  Tagen gleicher Witterung.**

$a$	Jahr.		$a$	Sommer.		Winter.	
	Trocken- tage.	Nieder- schlags- tage.		Trocken- tage.	Nieder- schlags- tage.	Trocken- tage.	Nieder- schlags- tage.
1	0.378	0.420	1	0.382	0.413	0.367	0.442
2	0.328	0.409	2	0.372	0.413	0.317	0.429
3	0.300	} 0.373	3	0.341	} 0.391	0.300	} 0.385
4	0.274		4	0.327		0.230	
5	0.255	} 0.378	5_6	0.298	0.368	0.228	0.421
6	0.242		7_8	0.290	0.306	0.168	0.462
7_8	0.232	0.377	9_10	0.253	0.300	0.192	0.249
9_10	0.215	0.336	11_15	0.250	0.349	0.220	0.206
11_12	0.233	} 0.311	16_20	0.271		0.172	
13_14	0.227		21_25			0.132	
15_16	0.206	} 0.299					
17_18	0.169						
19_20	0.188						
21_23	0.179						
24_26	0.252						
27_29	0.242						
30 etc.	0.278						

**Wahrscheinlichkeit der Fortdauer der Witterung**  
Jahr.

$u$	nach $a$ Trockentagen um $b$ weitere solche				$u$	nach $a$ Niederschlagstagen um $b$ weitere solche			
	$b = 1$	$b = 2$	$b = 3$	$b = 4$		$b = 1$	$b = 2$	$b = 3$	$b = 4$
1	0.62	0.42	0.29	0.21	1	0.58	0.34	0.21	0.13
2	0.67	0.47	0.34	0.25	2	0.59	0.36	0.23	0.15
3	0.70	0.51	0.38	0.29	3	0.61	0.39	0.25	0.15
4	0.73	0.54	0.41	0.31	4	0.65	0.40	0.24	0.15
5—6	0.75	0.57	0.44	0.34	5—6	0.62	0.39	0.24	0.15
7—10	0.77	0.62	0.47	0.37	7—10	0.62	0.40	0.26	0.17
11—15	0.78	0.60	0.48	0.38	11—15	0.66	0.43	0.29	0.21
16—20	0.81	0.67	0.54	0.44	16—20	0.68	0.43	0.30	
21—25	0.79	0.60	0.49	0.38					

Tabelle 3 b.

## Wahrscheinlichkeit der Fortdauer der Witterung

<i>a</i>	nach <i>a</i> Trockentagen um <i>b</i> weitere solche				<i>a</i>	nach <i>a</i> Niederschlagstagen um <i>b</i> weitere solche			
	<i>b</i> = 1	<i>b</i> = 2	<i>b</i> = 3	<i>b</i> = 4		<i>b</i> = 1	<i>b</i> = 2	<i>b</i> = 3	<i>b</i> = 4
	Sommer.					Sommer.			
1	0.62	0.39	0.26	0.17	1	0.59	0.35	0.21	0.13
2	0.63	0.41	0.28	0.19	2	0.60	0.36	0.22	0.14
3	0.66	0.44	0.31	0.22	3	0.59	0.37	0.24	0.16
4	0.67	0.47	0.33	0.24	4	0.62	0.40	0.25	0.17
5—6	0.70	0.50	0.36	0.25	5—6	0.63	0.41	0.30	0.20
7—10	0.73	0.55	0.36	0.26	7—10	0.70	0.49		
	Winter.					Winter.			
1	0.63	0.43	0.30	0.23	1	0.56	0.32	0.19	0.12
2	0.68	0.48	0.37	0.29	2	0.57	0.34	0.22	0.13
3	0.70	0.54	0.42	0.32	3	0.59	0.38	0.23	0.13
4	0.77	0.60	0.46	0.38	4	0.64	0.38	0.21	0.12
5—6	0.77	0.61	0.51	0.42	5—6	0.58	0.33	0.23	0.16
7—10	0.82	0.68	0.55	0.45	7—8	0.54	0.35		
11—15	0.78	0.58	0.44						

Tabelle 4 a.

	Index der Erhal- tungs- tendenz $J$	Index der Abweichung		$\frac{i_t + i_n}{J}$
		Trocken- Perioden $i_t$	Nieder- schlags- Perioden $i_n$	
Januar . . . . .	0.285	0.438	0.412	2.98
Februar . . . . .	0.296	0.455	0.435	3.01
März . . . . .	0.310	<b>0.480</b>	0.439	2.96
April . . . . .	0.310	0.468	0.421	2.87
Mai . . . . .	0.300	0.436	0.451	2.96
Juni . . . . .	0.263	0.395	0.366	2.89
Juli . . . . .	0.244	<i>0.341</i>	0.373	2.93
August . . . . .	<i>0.240</i>	0.361	<i>0.328</i>	2.87
September . . . . .	<b>0.321</b>	0.449	<b>0.456</b>	2.82
October . . . . .	0.303	0.464	0.413	2.89
November . . . . .	0.281	0.422	0.410	2.96
December . . . . .	0.300	0.451	0.415	2.89
Frühling . . . . .	0.308	0.464	0.439	2.93
Sommer . . . . .	0.253	0.376	0.375	2.97
Herbst . . . . .	0.303	0.444	0.440	2.92
Winter . . . . .	0.294	0.448	0.422	2.96
Jahr . . . . .	0.2909	0.436	0.417	2.93

Tabelle 4 b.

	Wahre mittlere Abweichung der Periodenlänge.		Theoretische mittlere Abweichung der Periodenlänge.		Wahrscheinlichkeit eines Wetterwechsels.	
	Trocken- Perioden.	Nieder- schlags- Perioden.	Trocken- Perioden.	Nieder- schlags- Perioden.	wahre.	theore- tische.
Januar . .	2.642	1.331	<b>1.486</b>	0.781	0.3405	0.4761
Februar . .	2.485	1.482	1.354	0.836	0.3424	0.4866
März . . .	2.571	1.505	1.336	0.844	0.3366	0.4878
April . . .	2.317	1.537	1.232	0.890	0.3407	0.4940
Mai . . . .	1.959	<b>1.728</b>	1.106	0.949	0.3489	0.4987
Juni . . . .	1.582	1.713	0.957	<b>1.087</b>	0.3679	<b>0.4991</b>
Juli . . . .	1.836	1.435	1.211	0.900	<b>0.3743</b>	0.4950
August . .	2.016	1.289	1.287	0.865	0.3733	0.4910
September	2.437	1.544	1.344	0.841	0.3307	0.4873
October . .	2.566	1.408	1.376	0.827	0.3380	0.4851
November	2.199	1.479	1.271	0.873	0.3538	0.4919
December .	<b>2.660</b>	1.354	1.460	0.792	0.3348	0.4783
Frühling .	2.279	1.594	1.223	0.894	0.3421	0.4944
Sommer . .	1.820	1.495	1.135	0.935	0.3719	0.4979
Herbst . .	2.393	1.477	1.330	0.827	0.3408	0.4883
Winter . .	2.599	1.388	1.435	0.802	0.3391	0.4804
Jahr . . . .	2.263	1.492	1.277	0.870	0.3485	0.4915

# ZOBODAT - [www.zobodat.at](http://www.zobodat.at)

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Naturforschenden Gesellschaft zu Basel](#)

Jahr/Year: 1893

Band/Volume: [9\\_1893](#)

Autor(en)/Author(s): Riggerbach-Burckhardt Albert

Artikel/Article: [Die unperiodischen Witterungserscheinungen auf Grund 111 jähriger Aufzeichnungen der Niederschlagstage 63-77](#)