

## Die bei Regenschmessungen wünschbare und erreichbare Genauigkeit.

Von A. Riggerbach.

---

Bei physikalischen und astronomischen Beobachtungen muss jede Verfeinerung der Messinstrumente als ein Fortschritt betrachtet werden, hier haben wir es mit scharf definirten Grössen zu tun, und demnach ist die Genauigkeitsgrenze bei ihrer Messung in der Regel nur durch die Unvollkommenheit unsrer Messapparate und Sinneswerkzeuge bestimmt. Nicht so in der Meteorologie. Da handelt es sich, abgesehen etwa vom Luftdruck, zunächst darum festzustellen, in wie weit die zu messende Grösse der Messung überhaupt zugänglich ist. Was hätte es z. B. für einen Sinn, Temperaturen bis auf  $0^{\circ}.1$  abzulesen, wenn sich herausstellen würde, dass innerhalb einer Minute Luftmassen, deren Temperaturen um mehrere Zehntel-Grad differiren, abwechselnd die Thermometerkugel umwehen; was hätte es für einen Wert, die tägliche Regenmenge auf 0.1 mm. zu bestimmen, wenn die räumliche Verteilung der Regenfäden so ungleichmässig wäre, dass wenige Meter von einander entfernte, gleich günstig aufgestellte Ombrometer um ganze Millimeter abweichende Regenmengen erhielten? Dass tatsächlich solche Verschiedenheiten bei den meteorologischen Grössen bestehen, wenn auch nicht von dem eben

angegebenen Beträge, ist längst bekannt, wie gross aber diese Verschiedenheiten sind, ist noch nichts weniger als endgültig festgestellt.

Die übliche Darstellung der Monats- und Jahressummen des Niederschlags eines Gebietes durch Isohyeten setzt im Grunde voraus, jene Summen seien eine stetige Function der geographischen Coordinaten. Anschaulicher noch wäre das entsprechende plastische Bild der Regenverteilung, das man erhielte, indem man in den einzelnen Punkten der Landkarte Ordinaten senkrecht auf die Ebene der Karte errichtete und auf diesen eine der Monats- oder Jahressumme proportionale Strecke abtragen würde. Auf diese Darstellung bezogen würde die eben erwähnte Voraussetzung lauten: die Endpunkte aller Ordinaten bilden eine continuirliche Fläche. Tatsächlich bilden diese Endpunkte jedoch lauter discrete Punkte, die wohl im Grossen und Ganzen um eine continuirliche Fläche herum gruppirt sind, aber das Linienelement zwischen zwei benachbarten Ordinatenenden wird im allgemeinen nicht in dieser Fläche liegen. Wenn nun je zwei benachbarte Ordinaten um einen endlichen Betrag verschieden sind, so entsteht daraus die Aufgabe, die mittlere Differenz der benachbarten Ordinaten in einem auf der Karte durch eine geschlossene Linie abgegrenzten Bezirke festzustellen; diese mittlere Differenz wird man als die Genauigkeitsgrenze ansehen dürfen, welche bei der Messung der Regensmengen zu überschreiten nach der Natur des Phänomens keine Bedeutung haben würde. Diese mittlere Differenz kann selbst wieder von mancherlei abhängen, vielleicht von der Jahreszeit, von der Intensität der Niederschläge, von der Bodengestaltung des Beobachtungsortes etc.

Diese letztern Fragen sollen hier nur flüchtig berührt werden, als Hauptziel stellen wir uns: Aus zwei

zunächst zum Zwecke der Vergleichung verschiedener Ombrometer angestellten Beobachtungsreihen abzuleiten, welche Unsicherheit den Messungsergebnissen einer Station in Folge der Ungleichmässigkeiten des Regenfalls selbst anhaftet.

Die erste Beobachtungsreihe erstreckt sich vom 21. Mai 1881 bis 11. Juni 1882. Zu derselben wurden zwei Ombrometer aus der Werkstätte von Hermann Pfister in Bern verwendet, dem grossen Modell der schweizerischen Stationsregennmesser entsprechend. Die Auffangfläche ist kreisrund, von 251 mm. lichtem Durchmesser, unter der Auffangöffnung erweitert sich das Gefäss. Die Scalenteile des Messcylinders entsprechen je 0.1 mm. Regenhöhe. Das eine dieser Instrumente diente seit Anfang 1875 zu den regelmässigen täglichen Beobachtungen der meteorologischen Station im Bernoullianum und ist im Folgenden als „alter Regennmesser“ bezeichnet. Es steht auf der westlichen Brüstung der grossen freien Terrasse, die das Dach des Mittelbaues bildet, seine Auffangfläche liegt 1.3 m. über dem Boden der Terrasse. Jen-seits der Brüstung, nur 0.1 m. tiefer als der Terrassenboden, erstreckt sich noch 10 m. weiter das flache Dach des westlichen Seitenbaues, sich allmähig bis zu 2 m. unter die Auffangfläche senkend. Der Regennmesser kann demnach als inmitten einer ebenen Terrasse aufgestellt gelten. Das zweite Instrument, der „neue Regennmesser“, stand auf einem steinernen Tische 5.5 m. südöstlich vom erstern auf der nämlichen Terrasse, die Auffangflächen beider Instrumente liegen in der nämlichen Höhe, die Exposition gegen die Winde ist für beide völlig dieselbe.

Die zweite Beobachtungsreihe umfasst den Zeitraum vom 1. Juni bis 31. December 1882, sowie 1. April bis 31. Mai 1883. Das eine während dieser Zeit verwendete

Instrument ist ein Regenschirm kleinen Modells aus der Werkstätte von Th. Usteri-Reinacher in Zürich, wie dieselben gegenwärtig auf den Regenstationen unseres Landes in Gebrauch sind. Die Auffangfläche wird von einem Messingcylinder mit abgedrehtem scharfem Rand von 113 mm. lichtigem Durchmesser umgrenzt. Der Auffangtrichter läuft in eine Röhre aus, die bis zum Boden einer im Gefässe befindlichen Zinkflasche reicht. Der Messingcylinder ist in Intervalle von 0.5 mm. Regenhöhe geteilt, die Zehntel wurden durch Schätzung erhalten. Als Vergleichsinstrument diente im Jahre 1882 der alte Stationsregenschirm, im Jahre 1883 der „neue Regenschirm“, der vom März jenes Jahres an zu den regelmässigen Beobachtungen in Gebrauch genommen worden war.

Die Ergebnisse der Messungen sind in den folgenden Tabellen I. und II. zusammengestellt.

Die beiden grossen Regenschirme lieferten in dem Beobachtungsjahre genau dieselbe Regensumme, der kleine Regenschirm 35.4 mm. oder 5.1 % der Gesamtmenge weniger als der grosse.

Beim ersten Anblick der beiden Tabellen fällt befremdlich auf, dass beim neuen Regenschirm die Anzahl der positiven Abweichungen stark überwiegt, beim kleinen Regenschirm ebenso stark die Anzahl der negativen Abweichungen. Ordnen wir die Abweichungen nach ihrer Grösse, so erhalten wir folgende Uebersicht:

Betrag der Abweichung. mm.	Neuer Regenmesser.				Kleiner Regenmesser.				Fehlerzahl nach dem theoretischen Gesetz der Summation unendlich vieler kleiner Fehler.
	Zahl der Abweichungen.				Zahl der Abweichungen.				
	pos.	neg.	Zusammen	%	pos.	neg.	Zusammen	%	
0.0	—	—	51	35	—	—	54	38	50
0.1	27	3	30	21	17	23	23	16	
0.2	17	6	23	16	12	17	17	12	
0.3	5	4	9	6	3	8	8	6	
0.4	7	2	9	6	2	7	7	5	
0.5	1	1	2	1.5	3	9	12	9	
0.6—1.0	8	7	15	10	1	8	9	6	
1.1—1.5	—	2	2	1.5	2	2	4	3	
1.6—2.0	—	—	—	—	—	1	1	1	
über 2.0	2	3	5	3	—	6	6	4	
0.0—0.2	44	9	104	71	11	29	94	67	
über 0.2	23	19	42	29	11	36	47	33	

Tabelle I.

	Regenhöhe.			Summe der Abwei- chungen.	Zahl der Abweichungen.			Betrag der Abweichungen.		Grösste Abwei- chung.	Mittlere Abwei- chung.
	Alter Re- gemmeser.	Neuer Re- gemmeser.	Differenz N.-A.		pos.	null	neg.	pos.	neg.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
<b>1881.</b>											
Mai 21. — 31.	25.2	25.2	—	1.8	1	3	1	0.9	0.9	±0.9	0.4
Juni . . . . .	60.6	63.5	2.9	3.5	9	4	2	3.2	0.3	— 1.0	0.2
Juli . . . . .	14.7	15.3	0.6	2.8	5	3	2	1.7	1.1	±0.8	0.3
August . . . . .	135.2	130.4	—4.8	6.8	5	6	4	1.0	5.8	—3.5	0.5
September . . .	171.9	171.0	—0.9	8.7	6	10	1	3.9	4.8	—4.8	0.5
October . . . . .	70.2	70.6	0.4	2.8	6	5	4	1.6	1.2	0.8	0.2
November . . . .	39.3	40.3	1.0	1.0	3	4	—	1.0	—	0.5	0.1
December . . . .	35.1	36.4	1.3	2.9	5	6	2	2.1	0.8	0.9	0.2
<b>1882.</b>											
Januar . . . . .	13.8	13.3	—0.5	1.7	3	2	1	0.6	1.1	—1.1	0.3
Februar . . . . .	14.8	15.4	0.6	2.4	4	1	2	1.5	0.9	1.0	0.3
März . . . . .	16.6	19.5	2.9	2.9	5	4	—	2.9	—	2.2	0.3
April . . . . .	48.2	47.4	—0.8	2.4	6	1	4	0.8	1.6	—0.5	0.2
Mai . . . . .	35.9	36.2	0.3	2.1	7	2	2	1.2	0.9	—0.8	0.2
Juni 1. — 11.	64.2	61.2	—3.0	3.6	2	—	3	0.3	3.3	—2.8	0.7
Summe . . . . .	745.7	745.7	—	45.4	67	51	28	22.7	22.7	—4.8	0.3
					46%	35%	19%			Septbr.	

Tabelle II.

	Regenhöhe.			Summe der Abweichungen.	Zahl der Abweichungen.			Betrag der Abweichungen.		Grösste Abweichung.	Mittlere Abweichung.
	Grosser Re-gemesser.	Kleiner Re-gemesser.	Differenz K.-G.		pos.	null	neg.	pos.	neg.		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.
<b>ISS2.</b>											
Juni . . . . .	47.7	43.9	—3.8	4.6	1	4	6	0.4	—4.2	—2.2	0.4
Juli . . . . .	99.6	97.2	—2.4	2.4	—	8	8	—	—2.4	—0.5	0.2
August . . . . .	52.4	47.3	—5.1	6.5	3	5	9	0.7	—5.8	—3.1	0.4
September . . . . .	176.9	164.6	—12.3	12.3	—	9	11	—	—12.3	—4.0	0.6
October . . . . .	64.5	60.6	—3.9	6.1	2	7	11	1.1	—5.0	—1.6	0.3
November . . . . .	124.3	115.3	—9.0	13.0	5	5	10	2.0	—11.0	—5.5	0.7
December . . . . .	50.9	52.1	1.2	1.4	4	8	1	1.3	—0.1	0.5	0.1
<b>ISS3.</b>											
April . . . . .	35.1	33.8	—1.3	1.5	1	5	4	0.1	—1.4	—0.7	0.2
Mai . . . . .	73.3	74.5	1.2	4.6	6	3	5	2.9	—1.7	1.4	0.3
Summe . . . . .	724.7	689.3	—35.4	52.4	22	54	65	8.5	—43.9	—5.5	0.35
					16 %	38 %	46 %			Novbr.	

Es geht hieraus hervor, dass die Ueberzahl der positiven Abweichungen beim neuen Regenmesser durch das Vorherrschen der kleinen Abweichungen bis zu 0.2 mm. bedingt ist, während beim kleinen Regenmesser die negativen Abweichungen bei allen Beträgen, am meisten noch bei den grossen überwiegen. Für diese beiden Erscheinungen wird der Grund in der Beschaffenheit der Instrumente zu suchen sein.

Am neuen Regenmesser adhärirt das Wasser an dem verhältnissmässig frischen Oelanstrich weniger als am alten, beim Uebergiessen in den Messcylinder wird also der neue einen kleinern Betrag an den Wänden zurückhalten als der alte. Durch directe Versuche überzeugte man sich nachträglich, dass ein alter Oelanstrich etwa 0.05 mm. zurückhält, ein Quantum, das eben erklärt, wesshalb die häufigst vorkommende Abweichung von 0.0 etwas gegen  $\pm 0.1$  mm hin verschoben erscheint. Analoge Versuche mit dem kleinen Regenmesser ergaben, dass die Auffängflasche, wenn schon benetzt etwa 0.1 mm. zurückhält, wenn trocken bis 0.4 mm. Ausserdem bedarf es einiger Vorsicht um die Flasche völlig zu entleeren. Das Ueberwiegen der grossen negativen Abweichungen lässt darauf schliessen, dass bei starken Regenfällen — bei welchen, wie sich gleich ergeben wird, die grossen Abweichungen vorwiegend auftreten — der Verlust durch Spritzen etwas grösser ist als beim grossen Regenmesser, was auch nach der Gestalt der Auffangöffnung und dem kleinern Durchmesser zu erwarten. Da bei beiden Versuchsreihen die Anzahl der Abweichungen bis zu  $\pm 0.1$  mm. über 50 % der Gesamtzahl ausmacht, so dürfen wir schliessen, dass der wahrscheinliche Fehler einer Messung, der von den unvermeidlichen Beobachtungsfehlern herrührt, die am Instrument und am Beobachter liegen und nicht den Cha-



rakter constanter Fehler haben, den Betrag von 0.1 mm. nicht merklich übersteige. Wären die grössern Abweichungen von 0.2 mm. und mehr lediglich die Folge zufälliger Anhäufung unendlich vieler unendlich kleiner Fehler, die ebensogut positiv als negativ sein können, so müsste ihre Anzahl dem bekannten Gesetze der Fehlerverteilung genügen. Wie aber aus obiger Zusammenstellung sofort ersichtlich, kommen die grossen Abweichungen von mehr als dem 5fachen wahrscheinlichen Fehler über 10 mal so oft vor, als jenes Gesetz zulässt, wir werden sie also einer besondern Ursache zuschreiben müssen: der Ungleichmässigkeit des Regens selbst auf einem Gebiete von nur 5.5 m. Durchmesser.

Es ist zu erwarten, dass bei Regenschauern diese Abweichungen grösser ausfallen als bei feinen Landregen. Wie beträchtlich sie auf kleinem Gebiete sein können, zeigt das Beispiel des 5. September 1882, wo im Bernoullianum als Tagessumme 30.0 mm. gemessen wurden, während in dem nur 1.5 km. entfernten botanischen Garten 66.1 mm. fielen.<sup>1)</sup> Gruppiren wir die Abweichungen nach der Grösse der Niederschläge, bei denen sie auftraten, so finden wir:

---

<sup>1)</sup> Vgl. Verhandl. d. Naturf. Ges. zu Basel Theil VII, pag. 269.

	Abweichungen.	Zahl und Summe der Abweichungen bei Niederschlägen von					
		0.0—5.0 mm.		5.1—10.0 mm		über 10.0 mm.	
		Zahl.	Summe mm.	Zahl.	Summe mm.	Zahl.	Summe mm.
Neuer Regenmesser.	über $\pm$ 0.2 mm. .	13	6.4	7	6.1	3	4.1
	$\pm$ 0.2 bis $-$ 0.2 mm.	86	5.6	9	0.9	9	1.1
	über $-$ 0.2 mm. . .	4	2.1	8	5.7	7	13.4
	Summe . . .	103	14.1	24	12.7	19	18.6
	Mittel . . . .		<b>0.13</b>		<b>0.54</b>		<b>0.98</b>
Kleiner Regenmesser.	über $\pm$ 0.2 mm. .	7	4.0	1	0.5	3	2.4
	$\pm$ 0.2 bis $-$ 0.2 mm.	79	4.3	10	0.8	5	0.6
	über $-$ 0.2 mm. . .	16	7.7	4	6.8	16	25.3
	Summe . . .	102	16.0	15	8.1	24	28.3
	Mittel . . . .		<b>0.16</b>		<b>0.54</b>		<b>1.18</b>
	Summe d. Abweich. über $\pm$ 0.2 . . .	23	8.5	15	11.8	10	17.5
	Mittel . . . .		<b>0.50</b>		<b>0.79</b>		<b>1.75</b>
	Summe d. Abweich. über $\pm$ 0.2 . . .	23	11.7	5	7.3	19	27.7
	Mittel . . . .		<b>0.51</b>		<b>1.46</b>		<b>1.47</b>

Beide Versuchsreihen bestätigen den Satz: Mit der Intensität des Niederschlags nimmt seine Ungleichmässigkeit zu.

Bei Regenfällen über 10 mm. pro Tag kann ein Quantum von 1—5 mm. nicht immer verbürgt werden.

Bei grösserer Zahl solcher Regenfälle gleichen sich indessen die einzelnen Abweichungen zum Theil wieder aus, so dass schon im Monatsmittel der durchschnittliche Betrag der Einzelabweichung 0.5 mm. selten erreicht,

wie die Zahlen der Colonne 11, Tabelle I. und II. zeigen, welche erhalten wurden, indem man die Zahlen der Colonne 4 durch die Summe der Zahlen in 5., 6. und 7. dividirte. Als Jahresmittel der Abweichung ergeben beide Reihen 0.3 mm.

Nehmen wir diese letztere Zahl als Mass der Unsicherheit an, welche dem Tagesniederschlage in Folge der ungleichmässigen räumlichen Verteilung des Niederschlags anhaftet, so erhalten wir nach dem bekannten Satze, dass die Summe von  $n$  Grössen, deren jede den mittleren Fehler  $e$  besitzt,  $e \sqrt{n}$  beträgt, für den mittleren Fehler der Jahres- und Monatssumme:

Mittlerer Fehler der	aus Tab. I.	aus Tab. II.
Jahressumme	$i = 0.3 \sqrt{146} = 3.6 \text{ mm.}$	$i = 0.35 \sqrt{141} = 4.2 \text{ mm.}$
Monatssumme	$m = 0.3 \sqrt{\frac{146}{13}} = 1.0 \text{ mm.}$	$i = 0.35 \sqrt{\frac{141}{9}} = 1.3 \text{ mm.}$

Eine Bestätigung des Wertes von  $m$  erhalten wir aus Colonne 3 der Tabelle I; 1.0 ist nämlich der Betrag, der unter den 12 Differenzen der Summen vollständiger Monate eben so oft nicht erreicht, als erreicht oder überschritten wird, und demnach als wahrscheinlicher Fehler der Monatssumme bezeichnet werden darf.

Als Resultat unsrer Vergleichen können wir demnach aufstellen:

1. Die Ungleichmässigkeit der räumlichen Verteilung des Niederschlags ist so gross, dass die in benachbarten gleich günstig aufgestellten Regenschalen aufgefangenen Mengen durchschnittlich um 0.3 mm. und in extremen Fällen bis 5 mm. differiren. Nimmt man hinzu, dass beim kleinen Regenschalen die Feh-

ler, die von der Retention des Auffanggefäßes herühren, je nachdem dasselbe vom vorhergehenden Tage her benetzt oder trocken ist, die Regenmenge um ca. 0.2 mm. unsicher machen können, so wird man sich bei der täglichen Ablösung an kleinen Regenmessern mit einer Genauigkeit von 0.5 mm. begnügen dürfen.

2. Dem entsprechend wird bei der Zählung der Niederschlagstage das Minimum der Niederschlagsmenge nicht unter 0.5 mm. angesetzt werden dürfen.
3. Bei den Monatssummen haben Bruchteile eines Millimeters keine Bedeutung, selbst Einem ganzen Millimeter kommt eine solche oft nicht zu.
4. Jahressummen, die auf 0.5 cm. übereinstimmen, sind als gleich zu betrachten.



# 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: 1890

Band/Volume: [8\\_1890](#)

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

Artikel/Article: [Die bei Regenmessungen wünschbare und erreichbare Genauigkeit 579-590](#)