

S_{mn} 151—1

Kerner-Marilaun F.

Jahresschwankung der Fehler berechneter Bodentemperaturen

Von

Fritz Kerner-Marilaun

korr. Mitglied der Akad. der Wiss.

Aus den Sitzungsberichten der Akademie der Wissenschaften in Wien
Mathem.-naturw. Klasse, Abteilung I, 151. Bd., 1. bis 6. Heft, 1942

Wien 1942

Hölder-Pichler-Tempsky, Wien und Leipzig
Kommissionsverleger der Akademie der Wissenschaften in Wien

Staatdruckerei Wien.

Jahresschwankung der Fehler berechneter Bodentemperaturen

Von

Fritz Kerner-Marilaun

korr. Mitglied d. Akad. d. Wiss.

(Vorgelegt in der Sitzung am 22. Jänner 1942)

Gegenstand meiner vor 50 Jahren in diesen Sitzungsberichten erschienenen Arbeit: „Die Änderung der Bodentemperatur mit der Exposition“ war die von meinem Vater von 1867 bis 1869 auf dem Judenbühl bei Mühlau (im mittleren Inntal) und die auf Veranlassung meines Vaters in den Jahren 1887—89 von P. Tost auf dem Barbarahügel bei Trins (im Gschnitztal) zustande gebrachte lückenlose Reihe von monatlichen Messungen der Bodentemperatur an den acht Hauptexpositionen in 80 cm Tiefe (Bischoff'sche Meßmethode). Eine von mir vor kurzem durchgeführte harmonische Analyse beider Reihen, und zwar für die jährlichen Temperaturgänge an den acht Hauptexpositionen und für die örtlichen (azimutalen) Temperaturgänge in den zwölf Monaten (im ganzen 40 Gleichungen), ergab bei der Auswertung der letzteren einen bemerkenswerten jahreszeitlichen Größenwechsel der Differenz zwischen Beobachtung und Rechnung.

Tabelle I.

	Inntal, 740 m			Gschnitztal, 1340 m		
	v'	v''	v'''	v'	v''	v'''
Dez..	223°45' 0"	14°55'53"	84°49'31"	209°10'22"	38°39'35"	291°32'38"
Jän..	221° 4'37"	9°27'45"	56° 7'20"	213°43'18"	14° 2'10"	285°13' 5"
Feb..	240°34'44"	333°26' 6"	58°43'44"	223° 4' 0"	282°31'45"	311°20'35"
März	249°11'22"	305°32'15"	41°36' 0"	245°27'55"	143° 7'12"	3°47'47"
April	258°36'45"	302°54'18"	18°15'52"	246°36'40"	186°34'55"	355° 1' 8"
Mai .	277°22'35"	265°36' 5"	3°39'17"	286°40'45"	233°31'50"	321°36'14"
Juni	284° 4'30"	262°34' 7"	12°41'45"	275°24'41"	232° 7'30"	272°46'27"
Juli .	282°47'10"	258°41'25"	14°29'13"	271°56'16"	233° 7'50"	302°40'58"
Aug.	282°59'44"	258°18'38"	26°32'56"	269°13'23"	201°48' 5"	346°58'15"
Sept.	268°35'56"	279°27'44"	36°25' 3"	246°10'23"	191°53'20"	323°53'10"
Okt..	261°24' 2"	291°48' 5"	35°47' 8"	232° 7'42"	235° 0'28"	264°57' 2"
Nov.	246°56'45"	0° 0' 0"	15°31'37"	223°37'42"	165°57'50"	313°11'57"

Im folgenden sind die Phasenwinkel und Parameter, welche ich für die 40 Temperaturgleichungen erhielt — erstere auf Sekunden, letztere auf drei Dezimalen genau — angeführt. Tabelle I auf S. 1 bringt die Phasenwinkel für die örtlichen Temperaturgänge in den zwölf Monaten, Tabelle II die Phasenwinkel für die Gleichungen der jährlichen Temperaturgänge an den acht Expositionen. In Tabelle III sind die Parameter für die ersteren, in Tabelle IV die Parameter für die letzteren Temperaturgänge mitgeteilt.

Tabelle II.

	Inntal, 740 m			Gschnitztal, 1340 m		
	v'	v''	v'''	v'	v''	v'''
N ...	251°18'16"	90° 0' 0"	69°46'30"	251° 2'40"	93°57'47"	104° 2'10"
NO ..	252°21'30"	76°59'47"	72°34'56"	253°23'55"	97°41'43"	86°25'25"
O ..	256°14'37"	41°44'30"	63°26' 5"	257°28'46"	108°11' 3"	76°15'50"
SO ..	256°38'50"	324°30'10"	54°20'43"	260°52'23"	76°22'10"	125°17'35"
S ...	254° 1'20"	304°59'55"	52°55'35"	255°17'15"	90° 0' 0"	129°33'33"
SW ..	252°42'42"	305°41' 4"	55°57'14"	251°56'51"	88° 3'14"	118°48'38"
W ..	255° 2' 3"	281°21'37"	61°46'58"	251°45'21"	90° 0' 0"	114°26'40"
NW ..	249°48'16"	86°20'56"	65°53'52"	248°47'15"	96°15'20"	99°27'45"

Als Parameter wurden gefunden (Angabe auf 3 Dezimalen):

Tabelle III.

	Inntal, 740 m			Gschnitztal, 1340 m		
	p_1	p_2	p_3	p_1	p_2	p_3
Dezember ..	0.949	0.388	0.157	1.343	0.161	0.210
Jänner	0.713	0.456	0.203	1.256	0.206	0.210
Februar	1.369	0.279	0.342	1.265	0.230	0.115
März	1.834	0.430	0.399	1.906	0.250	0.510
April	1.736	0.506	0.324	2.513	0.654	0.504
Mai	2.250	0.652	0.490	1.744	0.715	0.128
Juni	2.023	0.580	0.402	1.093	0.285	0.063
Juli	1.950	0.637	0.394	1.046	0.250	0.065
August	1.886	0.740	0.474	1.080	0.269	0.088
September ..	2.273	0.456	0.552	1.683	0.485	0.273
Oktober	2.006	0.269	0.370	1.510	0.305	0.309
November ..	1.398	0.250	0.055	1.783	0.103	0.233

Tabelle IV.

	Inntal, 740 m			Gschnitztal, 1340 m		
	P_1	P_2	P_3	P_1	P_2	P_3
N	6·672	0·450	0·675	6·225	1·253	0·344
NO	7·609	0·257	0·891	6·304	1·186	0·534
O	8·609	0·213	0·820	7·163	1·018	0·772
SO	8·633	0·301	0·944	6·824	0·429	0·657
S	8·377	0·478	0·940	6·350	0·217	0·497
SW	7·083	0·421	0·744	5·765	0·425	0·380
W	7·774	0·213	0·776	5·898	0·367	0·403
NW	7·081	0·159	0·694	5·969	0·662	0·509

Als Jahresmittel ergaben sich:

Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Inntal, 740 m											
5·84	4·36	4·64	5·50	8·37	14·42	16·55	18·33	18·69	17·94	14·00	8·65
Gschnitztal, 1340 m											
2·81	1·55	0·69	1·80	3·71	8·93	11·35	12·50	13·52	11·39	7·26	4·76

N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Inntal, 740 m							
9·45	10·58	11·25	12·58	12·65	12·70	12·18	10·16
Gschnitztal, 1340 m							
5·06	5·52	5·92	7·51	7·80	7·77	7·42	6·53

Die Auswertung der mit den vorangeführten Jahresmitteln, Parametern und Phasenwinkeln bei den Expositionen für die Monate erhaltenen Gleichungen ergab ein regelmäßiges Alternieren gleichgroßer positiver und negativer Abweichungen von den aus den Beobachtungen abgeleiteten Werten.

Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung im Inntal:

Tabelle V.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Dezember								
Beobachtung ...	5·20	5·40	4·80	5·80	6·20	7·50	6·20	5·60
Rechnung	5·44	5·16	5·04	5·56	6·44	7·26	6·44	5·36
Differenz	+0·24	-0·24	+0·24	-0·24	+0·24	-0·24	+0·24	-0·24
Jänner								
Beobachtung ...	3·90	4·30	3·40	4·30	4·50	5·80	4·70	4·00
Rechnung	4·13	4·06	3·63	4·06	4·74	5·56	4·93	3·76
Differenz	+0·23	-0·24	+0·23	-0·24	+0·24	-0·24	+0·23	-0·24
Februar								
Beobachtung ...	3·50	3·60	3·80	5·20	5·30	6·40	5·50	3·80
Rechnung	3·61	3·49	3·91	5·09	5·41	6·29	5·61	3·69
Differenz	+0·11	-0·11	+0·11	-0·11	+0·11	-0·11	+0·11	-0·11
März								
Beobachtung ...	3·60	4·20	4·80	6·50	6·50	7·50	6·70	4·20
Rechnung	3·70	4·10	4·90	6·40	6·60	7·40	6·80	4·10
Differenz	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10
April								
Beobachtung ...	6·30	7·40	8·10	9·40	9·50	10·00	9·40	6·90
Rechnung	6·35	7·35	8·15	9·35	9·55	9·95	9·45	6·85
Differenz	+0·05	-0·05	+0·05	-0·05	+0·05	-0·05	+0·05	-0·05
Mai								
Beobachtung ...	11·60	13·30	14·90	16·60	16·00	15·40	15·30	12·30
Rechnung	11·57	13·32	14·87	16·62	15·97	15·42	15·27	12·32
Differenz	-0·03	+0·02	-0·03	+0·02	-0·03	+0·02	-0·03	+0·02

Unterschiede zwischen Beobachtung und Rechnung im Gschnitztal:

Tabelle VI.

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Dezember								
Beobachtung ...	1·90	2·00	1·30	2·40	3·60	4·20	3·80	3·30
Rechnung	2·06	1·84	1·46	2·24	3·76	4·04	3·96	3·14
Differenz	+0·16	-0·16	+0·16	-0·16	+0·16	-0·16	+0·16	-0·16
Jänner								
Beobachtung ...	0·50	0·90	0·20	1·20	2·30	3·00	2·40	1·90
Rechnung	0·70	0·70	0·40	1·00	2·50	2·80	2·60	1·70
Differenz	+0·20	-0·20	+0·20	-0·20	+0·20	-0·20	+0·20	-0·20
Februar								
Beobachtung ...	-0·70	-0·20	-0·30	0·80	1·20	2·10	1·70	0·90
Rechnung	-0·49	-0·41	-0·09	0·59	1·41	1·89	1·91	0·69
Differenz	+0·21	-0·21	+0·21	-0·21	+0·21	-0·21	+0·21	-0·21
März								
Beobachtung ...	0·00	0·40	0·10	3·30	3·40	3·30	2·70	1·20
Rechnung	0·25	0·15	0·35	3·05	3·65	3·05	2·95	0·95
Differenz	+0·25	-0·25	+0·25	-0·25	+0·25	-0·25	+0·25	-0·25
April								
Beobachtung ...	1·00	1·40	2·00	5·90	5·70	5·30	5·00	3·40
Rechnung	1·29	1·11	2·29	5·61	5·99	5·01	5·29	3·11
Differenz	+0·29	-0·29	+0·29	-0·29	+0·29	-0·29	+0·29	-0·29
Mai								
Beobachtung ...	6·50	7·90	9·80	11·00	10·00	9·30	9·00	7·90
Rechnung	6·60	7·80	9·90	10·90	10·10	9·20	9·10	7·80
Differenz	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10

Tabelle V (Fortsetzung).

	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
Juni								
Beobachtung ...	14·00	15·70	17·30	18·50	18·10	17·10	17·10	14·60
Rechnung	13·93	15·77	17·23	18·57	18·03	17·17	17·03	14·67
Differenz	-0·07	+0·07	-0·07	+0·07	-0·07	+0·07	-0·07	+0·07
Juli								
Beobachtung ...	15·80	17·40	19·10	20·20	19·80	18·80	19·00	16·50
Rechnung	15·70	17·50	19·00	20·30	19·70	18·90	18·90	16·60
Differenz	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10	-0·10	+0·10
August								
Beobachtung ...	16·00	17·90	19·50	20·50	20·10	19·00	19·50	17·00
Rechnung	15·92	17·98	19·42	20·58	20·02	19·08	19·42	17·08
Differenz	-0·08	+0·08	-0·08	+0·08	-0·08	+0·08	-0·08	+0·08
September								
Beobachtung ...	14·90	16·90	17·90	19·50	20·10	19·10	18·90	16·20
Rechnung	14·89	16·91	17·89	19·51	20·09	19·11	18·89	16·21
Differenz	-0·01	+0·01	-0·01	+0·01	-0·01	+0·01	-0·01	+0·01
Oktober								
Beobachtung ...	11·40	13·00	13·50	15·0	15·80	15·50	14·70	12·80
Rechnung	11·55	12·85	13·65	15·15	15·95	15·35	14·85	12·65
Differenz	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15
November								
Beobachtung ...	7·20	7·80	7·90	9·10	9·80	10·30	9·10	8·00
Rechnung	7·35	7·65	8·05	8·95	9·95	10·15	9·25	7·85
Differenz	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15	+0·15	-0·15

Tabelle VI (Fortsetzung).

	N	NO	O	SO'	S	SW	W	NW
Juni								
Beobachtung ...	10-00	10-50	11-70	12-30	12-30	11-80	11-50	10-70
Rechnung	9-97	10-53	11-67	12-33	12-27	11-83	11-47	10-73
Differenz	-0-03	+0-03	-0-03	+0-03	-0-03	+0-03	-0-03	+0-03
Juli								
Beobachtung ...	11-20	11-70	12-70	13-40	13-40	13-00	12-70	11-90
Rechnung	11-20	11-70	12-70	13-40	13-40	13-00	12-70	11-90
Differenz	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00	0-00
August								
Beobachtung ...	12-30	12-60	13-50	14-60	14-50	14-00	13-70	13-00
Rechnung	12-32	12-57	13-52	14-57	14-52	13-97	13-72	12-97
Differenz	+0-02	-0-03	+0-02	-0-03	+0-02	-0-03	+0-02	-0-03
September								
Beobachtung ...	9-40	9-80	10-40	12-70	12-80	12-40	12-20	11-40
Rechnung	9-59	9-61	10-59	12-51	12-99	12-21	12-39	11-21
Differenz	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19
Oktober								
Beobachtung ...	5-40	5-90	6-50	7-50	8-40	8-50	8-30	7-60
Rechnung	5-51	5-79	6-61	7-39	8-51	8-39	8-41	7-49
Differenz	+0-11	-0-11	+0-11	-0-11	+0-11	-0-11	+0-11	-0-11
November								
Beobachtung ...	3-20	3-30	3-10	5-00	6-00	6-40	6-00	5-10
Rechnung	3-39	3-11	3-29	4-81	6-19	6-21	6-19	4-91
Differenz	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19	+0-19	-0-19

Ein Vergleich der Differenzen in beiden Reihen:

Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.
Inntal, 740 m											
±0·24	±0·23	±0·11	±0·10	±0·05	±0·03	±0·07	±0·10	±0·08	±0·01	±0·15	±0·15
Gschnitztal, 1340 m											
±0·16	±0·20	±0·21	±0·25	±0·29	±0·10	±0·03	±0·00	±0·02	±0·19	±0·11	±0·19

Eine Übereinstimmung zwischen beiden Reihen zeigt sich nur insofern, als der Höchstwert in die kältere, der Tiefstwert in die wärmere Jahreshälfte fällt. Im übrigen ein verschiedenes Verhalten. Im Inntal ein Maximum von 0·24 im Dezember, dann ein Abfall bis 0·03 im Mai, hierauf ein leichtes Anschwellen der Werte bis 0·10 im Juli und alsdann ein Minimum von 0·01 im September. Im Gschnitztal ein Maximum von 0·29 erst im April und ein Minimum von 0·00 schon im Juli, das mit dem sekundären Maximum der anderen Reihe zeitlich zusammenfällt. Daß sich der Gang der Bodentemperaturen in den kälteren Monaten weniger regelmäßig gestaltet, erscheint naheliegend. In einem Drittel der 24 untersuchten Monate bleiben die Differenzen zwischen Beobachtung und Rechnung unter 0·10. Die volle Übereinstimmung zwischen den beobachteten und berechneten Werten im Juli im Gschnitztal stellt bei einer Entwicklung von nicht mehr als drei Sinusgliedern einen ganz außergewöhnlichen Fall dar, der sich kaum wiederholen dürfte.

Bei der harmonischen Analyse von Lufttemperaturen wäre ein solcher Fall wohl nicht zu erwarten. Die Bodenwärme in 80 cm Tiefe bleibt eben von kleinen vorübergehenden Gangstörungen unberührt, von welchen die Luftwärme erfaßt wird. Im verschiedenen Gang der Fehler im Frühling spiegelt sich die Verschiedenheit der pedoklimatischen Verhältnisse in dieser Jahreszeit wider. Im Gschnitztal stellen sich im Frühling noch verspätete Schneefälle ein, welche den Temperaturgang in den oberen Erdschichten in wechselndem Maße stören können. Im Inntal sind in 600 m tieferer Lage Frühlingsschneefälle schon selten. So erreicht die in der Fehlergröße zum Ausdruck kommende Unregelmäßigkeit des jährlichen Wärmeganges im Gschnitztal erst im April ihren Höchstwert, während sie sich in tieferer Lage im Inntal schon rasch vermindert. Daß der Fehler im Inntal im Hochsommer wieder etwas zunimmt, könnte daher kommen, daß sich hier in breiter Talsohle die Sommerbewölkung als ein die Bodenerhitzung ungleichmäßig beeinflussendes Moment mehr geltend macht als im schmäleren Gschnitztal.