

fischnetz- publikation

**Projekt «Netzwerk Fischrückgang Schweiz»
Projet «Réseau suisse poissons en diminution»**

**Temperaturverlauf in Schweizer Flüssen 1978-2002
Auswertungen und grafische Darstellungen
fischrelevanter Parameter**

Teilprojekt-Nr. 01/08
Renata Hari und Herbert Güttinger
EAWAG
Januar 2004

Temperaturverlauf in Schweizer Flüssen 1978-2002
Auswertungen und grafische Darstellungen
fischrelevanter Parameter

Teilprojekt-Nr. 01/08
Renata Hari und Herbert Güttinger
EAWAG
Januar 2004

Danke

Patricia Holm finanzierte dieses Teilprojekt im Rahmen von Fischnetz und half bei den biologischen Analysen. Adrian Jakob und Daniel Streit vom BWG stellten uns die elektronischen Abfluss- und Wassertemperaturdaten zur Verfügung und gaben uns wertvolle Hinweise für deren Auswertung. Die Fischfangdaten hat uns Erich Staub vom BUWAL gegeben zusammen mit wohlwollend-kritischen Bemerkungen. Die Lufttemperatur-Daten stammen von MeteoSchweiz. Peter Reichert finanzierte einen Teil des Projektes und unterstützte uns bei den Auswertungen tatkräftig, ebenso wie David Livingstone, Mark Borsuk und Rosi Siber. Ihnen allen gehört unser herzliches Dankeschön.

Adressen

Renata Hari
EAWAG, Postfach 611
CH-8600 Dübendorf

renata.hari@eawag.ch

Herbert Güttinger
EAWAG, Postfach 611
CH-8600 Dübendorf

herbert.guettinger@eawag.ch

Inhalt

Zusammenfassung

1	Einleitung.....	4
2	Daten und statistische Methoden	5
2.1	Wassertemperaturdaten	5
2.2	Lufttemperaturdaten	5
2.3	Die Sinusregression.....	6
2.4	Der optimale Temperaturbereich für Bachforellen.....	7
2.5	Übersicht über die analysierten Fließgewässer	7
3	Erklärungen zu den Grafiken.....	11
3.1	Saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss im Jahr 2002 (Abb. XX 1).....	11
3.2	Langjähriger Verlauf und langjährige saisonale Veränderung (Abb. XX 2).....	12
3.3	Abweichung von den langjährigen Mittelwerten (Abb. XX 3).....	13
3.4	Vergleich Wasser- und Lufttemperatur	13
4	Diskussion	14
5	Literatur	14
6	Grafiken der einzelnen Flüsse.....	15
6.1	Aare Brugg.....	15
6.2	Emme Emmenmatt	18
6.3	Aare Brügg.....	21
6.4	Broye Payerne	24
6.5	Aare Hagneck	27
6.6	Aare Bern.....	30
6.7	Aare Thun	33
6.8	Aare Brienzwiler.....	36
6.9	Birs Münchenstein	39
6.10	Rhein Rheinfelden	42
6.11	Rhein Rekingen	45
6.12	Thur Andelfingen	48
6.13	Rhein vor dem Bodensee	51
6.14	Limmat Baden.....	54
6.15	Linth Weesen.....	57
6.16	Linth Mollis.....	60
6.17	Reuss Mellingen	63
6.18	Kleine Emme Littau.....	66
6.19	Reuss Luzern.....	69
6.20	Reuss Seedorf	72
6.21	Rhône Chancy	75
6.22	Arve Genève.....	78
6.23	Rhône Porte du Scex.....	81
6.24	Rhône Sion	84
6.25	Ticino Riazzino	87
6.26	Vergleich von Wasser- und Lufttemperatur	90

Zusammenfassung

Die Temperatur der schweizerischen Fliessgewässer hat in den vergangenen Jahrzehnten (von 1978 bis 2002) um 0.4°C bis 1.6°C zugenommen. Diese Erwärmung betrifft vor allem die erste Jahreshälfte und erfolgte zu einem grossen Teil Ende der achtziger Jahre. Sie hat zur Folge, dass mehr Gewässerstrecken die kritische Grenze für den Ausbruch der proliferativen Nierenkrankheit PKD (15°C) erreichen können und die Forellen entsprechend stärker gefährdet sind. In Gewässern mit natürlicherweise tiefen Temperaturen kann eine Erwärmung positive Effekte haben, während in bereits relativ warmen Gewässern die negativen Wirkungen überwiegen. Für erwachsene Forellen sind Temperaturen über 25°C tödlich, für jüngere Entwicklungsstadien liegen die kritischen Temperaturobergrenzen tiefer, für Bachforelleneier beispielsweise bei ca. 12°C. In diesem Bericht werden für die 25 Fliessgewässer mit langfristigen Datenreihen die typischen saisonalen Verläufe der Wassertemperaturen und deren langfristige Entwicklung aufgezeigt. Die Darstellungen dienen einem visuellen Überblick und erlauben eine Beurteilung spezifischer Gewässer anhand von Referenzwerten.

1 Einleitung

Das Teilprojekt 01/08 Wassertemperatur diente der Abklärung der Hypothese 'Veränderungen der Wassertemperatur haben zu einem Rückgang der Fischpopulation und des Fischfangertrages geführt'. Diese Problemstellung umfasst einerseits die Abklärung der Veränderungen der Wassertemperaturen von 1978 bis 2002 und andererseits deren mögliche Wirkungen auf die Forellenpopulationen und den Fischfangrückgang. Im Folgenden werden die Temperaturdaten von 25 Flüssen der Schweiz mit langfristigen Datenreihen analysiert und einige fischrelevante Parameter grafisch dargestellt. Die Analyse zeigt, dass die Wasser- und die Lufttemperaturen ein gleiches Variationsmuster (Kohärenz) und einen parallel Anstieg (Trend) aufweisen. Hingegen bei den Abflüssen kann in dieser Periode kein genereller Trend festgestellt werden. Daraus lässt sich schliessen, dass die Klimaerwärmung einen wesentlichen Anteil an den beobachteten Veränderungen hat.

Die Wassertemperatur beeinflusst sowohl das Wachstum und die Entwicklung der Fische als auch deren Nahrungsorganismen und Krankheitskeime. Temperaturen über 25°C sind letal für Forellen, und wenn das Wasser kälter als 4°C ist wird der Stoffwechsel der Tiere praktisch eingestellt. Eier, Brütlinge und Sömmerlinge sind empfindlicher als erwachsene Fische und entsprechend auf Habitate mit geeigneten Temperaturen angewiesen. Besonders kritisch haben sich Temperaturen über 15°C erwiesen, da diese für das Ausbrechen der meist tödlich verlaufenden proliferativen Nierenkrankheit PKD einen Schwellenwert darstellen. Wenn 15°C länger als zwei Wochen überschritten wird, bricht die Krankheit aus.

Im vorliegenden Bericht werden einige Auswertungen und Analysen der Wassertemperaturen dargestellt. Er dient der Gewinnung eines Überblicks über die Entwicklung der Temperatur in den wichtigsten schweizerischen Fliessgewässern und als Referenz für zukünftige Temperatur-Messungen und Betrachtungen. Eine vertiefte wissenschaftliche Analyse ist in Bearbeitung und soll im Verlaufe dieses Jahres veröffentlicht werden. Kapitel 5.11 des Schlussberichtes von Fischnetz beinhaltet eine zusammenfassende Auswertung im Hinblick auf die Hypothese mit entsprechenden Angaben zu weiter führender Literatur.

2 Daten und statistische Methoden

2.1 Wassertemperaturdaten

Die Temperaturmessungen wurden durch das Bundesamt für Wasser und Geologie BWG durchgeführt und freundlicherweise in elektronischer Form zur Verfügung gestellt. Wir verwendeten für unsere Analysen Tagesmittelwerte, welche aus den kontinuierlichen Messungen (1 Messwert pro Minute) berechnet worden sind. Untersuchungen mit Tagesmaximal- und Tagesminimalwerten gaben keine grundsätzlich verschiedenen Resultate in bezug auf die in dieser Studie betrachteten Aspekte.

In die Analyse wurden alle 25 Flüsse mit langjährigen BWG-Messreihen einbezogen. Der Beginn des Analyse-Zeitfensters von 1978 bis 2002 wurde nach dem Ticino gerichtet, um auch einen Fluss südlich der Alpen mit dabei zu haben. Die Lage der Messstationen ist aus Abb. 1 ersichtlich.

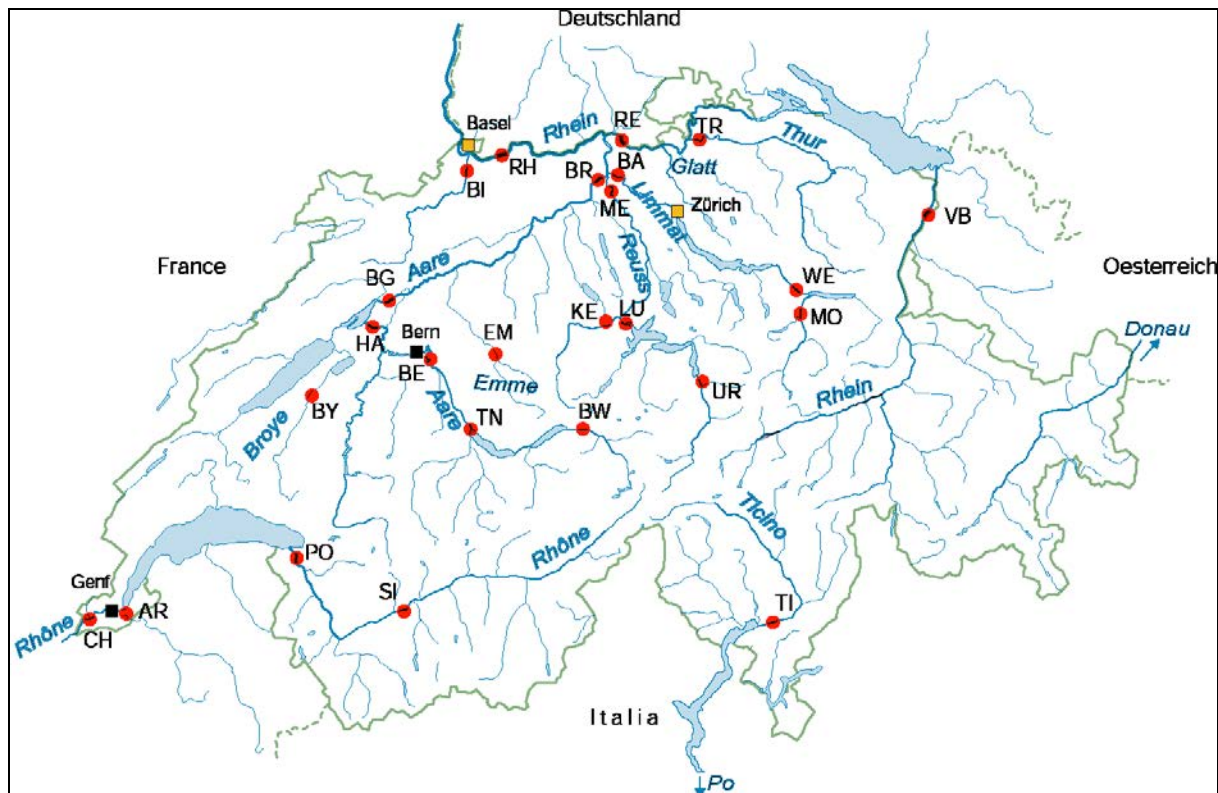


Abb. 1. Karte der Messstationen der 25 im Detail analysierten BWG-Flüsse. (Kürzel siehe Tab. 1 in Kap. 2.5).

2.2 Lufttemperaturdaten

Die Lufttemperaturen werden in der Schweiz von MeteoSchweiz erhoben. Die generellen langfristigen Trends und Variationsmuster sind für die meisten Stationen parallel (Weber and

Talkner 1997; Livingstone and Dokulil 2001). Wir haben uns bei unseren Vergleichen daher auf die beiden Stationen Zürich SMA und Basel beschränkt.

2.3 Die Sinusregression

Temperaturdaten haben einen sinusförmigen Jahresverlauf. Die statistische Anpassung einer Sinusfunktion (Sinusregression) erlaubt daher eine einfache Charakterisierung der Jahrestemperatur durch die drei Parameter 12-Monate-Mittelwert T_s , Amplitude A und Datum des Maximalwertes M . Die Sinusregression gibt auch eine gute Näherung, wenn nur wenige oder nicht regelmässig über das ganze Jahr verteilte Messwerte zur Verfügung stehen (Güttinger 1980; Hari and Zobrist 2003).

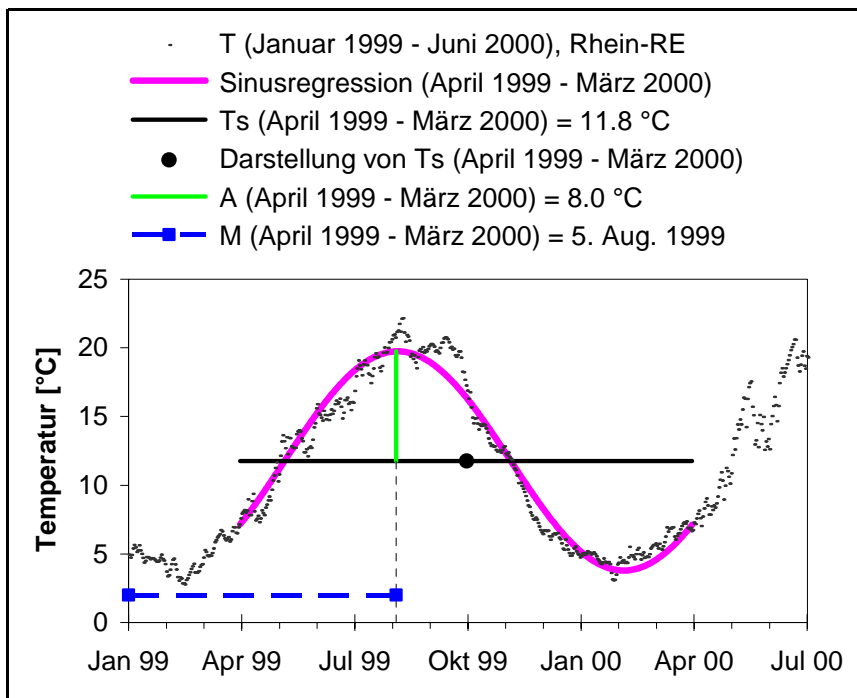


Abb. 2. Exemplarische Darstellung einer Sinusregression: 12-Monate-Periode der Wassertemperatur des Rheins bei Rekingen.

$$T_t = T_s + A \sin\left(\frac{2\pi t}{P} + \left(M - \frac{P}{4}\right)\right)$$

T_t = Temperatur zur Zeit t , [°C]

t = Zeit als Tag ab 1. Januar, [d]

T_s = mit Sinusregression berechneter 12-Monate-Mittelwert der mittleren Tagestemperatur (die 12-Monate-Periode muss nicht das Kalenderjahr sein, sondern kann auch z.B. von März bis Februar des Folgejahres laufen etc), [°C]

A = Amplitude der Sinusfunktion, [°C]

P = Periodenlänge der Sinusfunktion (= 365.25 d)

M = Datum von (T_s+A) , des Maximal- oder Sommerwertes der Sinusfunktion, Tag im Jahr fortlaufend nummeriert [d], bzw. Datum, [d. mmm]

2.4 Der optimale Temperaturbereich für Bachforellen

Beziehungen zwischen Wassertemperatur und Fischen werden meist im Labor untersucht oder im Feld auf spezifische Entwicklungsstadien oder Jahreszeiten beschränkt. So wird allgemein ein Bereich von 4 – 19°C als optimal für Bachforellen betrachtet (Elliott 1994). Fische sind aber den charakteristischen Jahresverläufen der Temperatur in ihren Wohngewässern ausgesetzt. Um dieser Tatsache Rechnung zu tragen, haben wir den Bereich der Temperaturen einer Reihe typischer Bachforellengewässer zusammengestellt und als „optimales Temperaturband“ für Bachforellen angenommen. Dieses Temperaturband wurde durch die Parameter der Sinusregression charakterisiert und in den Darstellungen als Referenzbereich eingezeichnet.

Um den Effekt der Erwärmung auf die Entwicklung zu illustrieren, haben wir deren Auswirkungen auf die Beschleunigung der Ei-Entwicklung untersucht. Als Richtgrösse benötigen Bachforelleneier 420 Gradtage (ca. 80-90 Tage bei 4-5°C) bis zur Reife. Die beobachteten Temperaturerhöhungen zwischen den zwei Perioden vor und nach 1987/88 führen zu einer Beschleunigung der Entwicklung von bis zu 15 Tagen (siehe Tab. 1 in Kap. 2.5).

2.5 Übersicht über die analysierten Fließgewässer

Die wichtigsten Angaben und Resultate sind in Tab. 1 zusammengefasst. Zusätzlich sind Resultate kleinerer Flüsse in Tab. 2 enthalten. Die Bedeutung der Tabellenparameter werden im Folgenden erklärt.

Kolontentitel	Bedeutung
Name	Flussname und Ortschaft, in deren Nähe sich die Messstation befindet.
Abkürzung	in den Abbildungen verwendetes Kürzel für die Messstation
e-Koordinaten	geographische Länge
n-Koordinaten	geographische Breite
Stationshöhe	Meereshöhe der Messstation See, [m ü. M.]
EZ (bis See)	Einzugsgebiet (inkl. Ausland) flussaufwärts bis zum nächsten See, [km ²]
mittl. Höhe (bis See)	mittlere Meereshöhe des Einzugsgebietes (inkl. Ausland) flussaufwärts bis zum nächsten See, [m ü. M.]
max. Höhe (bis See)	maximale Meereshöhe des Einzugsgebietes (inkl. Ausland) flussaufwärts bis zum nächsten See, [m ü. M.]
Vergletscherung	vergletscherter Anteil des Einzugsgebietes (inkl. Ausland) flussaufwärts bis zum nächsten See, [%]
2002	Sinusparameter der Wassertemperatur für das Jahr 2002
1978-1987	Sinusparameter der Wasser- und Lufttemperatur für die Periode 1978-1987 (vor dem Temperatursprung)
1987-2002	Sinusparameter der Wasser- und Lufttemperatur für die Periode 1987-2002 (nach dem Temperatursprung)

Δ Sommer	Differenz der Sinus-Sommertemperaturen (T_s+A) der zwei Perioden, [°C]
Δ Winter	Differenz der Sinus-Wintertemperaturen (T_s-A) der zwei Perioden, [°C]
Verschiebung von M	Verschiebung des Zeitpunktes der Maximaltemperatur ($T_s +A$), [d]
Verschiebung 9°C	Verschiebung des Zeitpunktes zur Erreichung von 9°C im Frühjahr, [d]
Beschl. Ei-Entw.	Unterschied der Zeitdauer für die Ei-Entwicklung zwischen den Perioden 1978-1987 und 1988-2002 (Beschleunigung), [d]
T-Mittel 1978-2002	arithmetischer Mittelwert der Tagemitteltemperatur über die 25 Jahre der Periode 1978-2002, [°C]
T-Mittel 1978-1987 über die 10 Jahre der Periode 1978-1987, [°C]
T-Mittel 1988-2002 über die 15 Jahre der Periode 1988-2002, [°C]
Stufe 1987/88	Differenz zwischen T-Mittel 1978-1987 und T-Mittel 1988-2002, [°C]
T-Trend 1978-2002	linearer Trend der Temperaturzeitreihen in den 25 Jahren der Periode 1978-2002, [°C/25 Jahre]
T-Trend 1978-1987 in den 10 Jahren der Periode 1978-1987, [°C/10 Jahre]
T-Trend 1988-2002 in den 15 Jahren der Periode 1988-2002, [°C/15 Jahre]
Qa 2002	arithmetischer Mittelwert des Abflusses über das Jahr 2002, [m ³ /s]
Qa 1978-2002	arithmetischer Mittelwert des Abflusses über die 25 Jahre der Periode 1978-2002, [m ³ /s]
Q-Trend 1978-2002	linearer Trend der Abflusszeitreihen in den 25 Jahren der Periode 1978-2002, [m ³ /s/25 Jahre]
Standort-ID FISTAT	Standort-Identifikation der Fischstatistik-Gewässerstelle
rezenter Forellenfang	Anzahl gefangener Forellen pro Flussstrecke [N/km] und pro Fläche [N/ha] im Mittel der Jahre 2000 und 2001

Name	Abkürzung	geografische Angaben							Resultate der Sinusregression										arithmetische Mittelwerte, Trends									Fischfang							
		e-Koordinaten	n-Koordinaten	Stationshöhe		mittl. Höhe (bis See)	max. Höhe (bis See)	Vergleicherung	2002			1978-1987			1988-2002			Δ Sommer	Δ Winter	Verschiebung von M	Verschiebung 9°C	Beschl. Ei-Entw.	T-Mittel 1978-2002	T-Mittel 1978-1987	T-Mittel 1988-2002	Stufe 1987/88	T-Trend 1978-2002	T-Trend 1978-1987	T-Trend 1988-2002	Qa 2002			Standort-ID FISTAT	rezenter Forellenfang	
				m ü.M.	km2				m ü.M.	%	Ts	A	M	Ts	A	M	Ts													A	M	°C			d
Aare Brugg	BR	657000	259360	332	3487	654	2171	0	12.0	7.1	210	11.0	7.5	218	12.0	7.4	213	0.9	1.0	-5.5	-14	14	11.6	11.0	11.9	0.9	1.5	-	-	366	335	-	1007	11	1
Emme Emmenmatt	EM	623610	200420	638	443	1069	2171	0	8.4	5.5	204	7.7	5.6	214	8.4	6.0	208	1.0	0.3	-6.3	-14	11	8.1	7.7	8.4	0.7	1.0	-	-	16.4	12.3	-	4018	162	57
Aare Brügg Ägerten	BG	588220	219020	428	53	437	599	0	11.8	7.3	215	10.9	7.4	225	12.0	7.5	219	1.2	1.0	-6.1	-15	14	11.5	10.9	11.9	1.0	1.5	-	-	285	256	-	4009	19	3
Broye Payerne	BY	561660	187320	441	423	717	1504	0	11.3	7.4	202	9.9	7.7	208	10.9	7.9	203	1.3	0.8	-5.0	-13	15	10.5	9.9	10.9	1.0	1.5	-	-	8.5	8.9	-	23031	70	61
Aare Hagneck	HA	580680	211650	437	2711	1011	1380	-	11.7	5.8	212	10.9	6.0	224	11.7	6.2	218	1.0	0.7	-6.3	-14	8	11.3	10.9	11.7	0.8	1.2	-	-	189	-	NA	NA	NA	NA
Aare Bern Schönau	BE	600710	198000	502	539	803	2123	0	11.0	5.8	215	10.1	6.0	225	10.9	6.1	219	1.0	0.6	-6.1	-14	9	10.6	10.1	10.9	0.8	1.3	-	-	141	126	-	4005	18	4
Aare Thun	TN	613230	179280	548	65	571	936	0	10.9	5.8	218	10.2	5.8	228	10.9	6.1	222	1.0	0.5	-6.1	-13	6	10.6	10.2	10.9	0.7	1.1	-	-	133	116	-	4004	59	12
Aare Brienzwiler	BW	649930	177380	570	558	2140	4193	21	6.1	2.2	212	5.7	1.9	214	5.8	2.0	214	0.1	0.0	0.6	-	0	5.7	5.7	5.8	0.0	-	-	0.8	41	37	-	NA	NA	NA
Birs Münchenstein	BI	613570	263080	268	966	762	1436	0	10.9	4.7	200	10.3	5.6	209	11.1	5.7	204	0.9	0.6	-4.9	-13	7	10.7	10.3	11.0	0.7	1.2	-	-	24	16	-	5021	98	43
Rhein Rheinfelden	RH	627190	267840	262	6052	645	2479	-	12.4	7.3	210	11.3	7.4	219	12.2	7.6	213	1.2	0.7	-6.1	-13	10	11.8	11.3	12.2	0.9	1.3	-	-	1207	1090	-	1003	8	1
Rhein Rekingen	RE	667060	269230	323	3775	628	2479	-	12.0	7.9	212	10.8	7.8	221	11.8	8.1	215	1.3	0.7	-5.8	-13	14	11.3	10.8	11.7	1.0	1.5	-	-	522	465	-	1003	8	1
Thur Andelfingen	TR	693510	272500	356	1708	778	2479	0	11.1	7.1	201	9.9	7.4	208	10.7	7.5	204	0.9	0.7	-4.8	-11	12	10.3	9.9	10.6	0.8	1.3	-	-	58	50	-	20001	15	3
Rhein Diepoldsau	VB	766280	250360	410	6436	1732	3597	1.4	8.2	4.2	203	7.5	4.2	211	8.0	4.4	207	0.7	0.2	-3.8	-12	7	7.8	7.5	7.9	0.4	0.6	-	-	249	245	-	16001	41	17
Limmat Baden	BA	660530	260770	332	266	541	1218	0	12.7	8.0	212	11.4	8.0	221	12.4	8.2	216	1.2	0.8	-5.3	-13	13	11.9	11.4	12.3	1.0	1.6	-	-	120	104	-	1002	26	NA
Linth Weesen	WE	725160	221380	419	31	608	1822	0	10.9	6.2	220	9.7	5.6	229	10.5	5.9	223	1.2	0.5	-5.8	-14	8	10.2	9.7	10.5	0.8	1.2	-	-	60	54	-	NA	NA	NA
Linth Mollis	MO	723985	217965	436	535	1730	3625	4.4	7.8	3.1	208	7.1	3.2	215	7.4	3.2	211	0.3	0.3	-3.7	-11	8	7.3	7.1	7.4	0.3	0.5	-	-	37	34	-	9050	73	36
Reuss Melling	ME	662830	252580	345	1051	738	2332	0	12.0	7.1	211	10.9	7.4	217	11.7	7.7	212	1.1	0.5	-4.4	-10	9	11.4	10.9	11.7	0.8	1.3	-	-	167	144	-	1004	4	NA
Kleine Emme Littau	KE	664220	213200	431	482	1050	2332	0	8.4	5.5	204	8.4	7.2	211	9.0	7.2	206	0.6	0.6	-5.2	-10	10	8.8	8.4	9.0	0.6	0.8	-	-	16.4	15.9	-	12039	29	19
Reuss Luzern	LU	665330	211800	432	124	455	1031	0	12.1	7.2	214	10.8	6.8	221	11.9	7.4	217	1.6	0.5	-4.9	-13	8	11.5	10.9	11.9	1.0	1.6	-	-	133	112	-	12201	568	103
Reuss Seedorf	UR	690085	193210	438	837	2012	3621	9.5	7.0	3.4	207	6.3	3.2	211	6.6	3.5	207	0.6	0.0	-3.6	-18	3	6.5	6.3	6.6	0.3	0.6	-	-	45	44	-	22024	67	59
Rhône Chancy	CH	486600	112340	336	8600	1701	4617	6.1	11.9	6.6	215	10.8	6.4	222	11.6	6.6	216	1.0	0.7	-5.6	-14	10	11.3	10.8	11.6	0.8	1.3	-	-	334	368	-	NA	NA	NA
Arve Genève	AR	501220	115120	380	7739	1834	4617	6.1	8.7	3.7	202	7.9	3.8	206	8.4	3.7	201	0.4	0.7	-4.4	-13	9	8.2	7.8	8.4	0.6	0.9	-	-	76	82	-	8002	87	13
Rhône Porte du Scex	PO	557660	133280	377	5333	2099	4617	14.3	7.6	2.7	197	6.8	2.9	198	7.3	2.9	196	0.4	0.5	-2.7	-15	8	7.1	6.8	7.3	0.5	0.8	-	-	178	193	-	24004	32	21
Rhône Sion	SI	593770	118630	484	3336	2295	4617	18.4	7.4	2.3	192	6.7	2.6	191	7.0	2.6	191	0.3	0.2	-0.3	-13	3	6.9	6.7	7.0	0.3	0.4	-	-	105	108	-	24003	206	44
Ticino Riazzino	TI	713670	113500	200	1609	1649	3376	1.08	9.3	4.3	208	8.4	4.2	210	9.1	4.6	208	1.1	0.4	-2.4	-12	8	8.8	8.4	9.1	0.7	1.0	-	-	73	68	-	21014	269	61
Basel Tagesmittel	ZH	685125	248090	556					10.4	8.0	201	8.5	9.2	203	9.6	8.9	197	0.7	1.3				9.1	8.5	9.5	1.0	1.7	-	-						
Basel Tagesminima	ZH			556					7.1	7.0	206	5.3	8.1	207	6.1	7.7	202	0.5	1.3				5.7	5.2	6.1	0.9	1.5	-	-						
Basel Tagesmaxima	ZH			556					14.4	9.4	200	12.6	10.5	200	13.7	10.2	194	0.8	1.3				13.2	12.6	13.6	1.0	1.8	-	-						
Basel Tagesmittel	BS	610850	265620	316					11.2	7.6	199	9.5	9.0	202	10.7	8.6	197	0.8	1.6				10.2	9.4	10.6	1.2	2.0	-	-						
Basel Tagesminima	BS			316					7.2	6.6	204	5.7	7.8	205	6.7	7.4	202	0.6	1.3				6.3	5.7	6.7	1.0	1.6	-	-						
Basel Tagesmaxima	BS			316					15.6	8.9	198	14.0	10.4	200	15.2	10.0	194	0.8	1.7				14.7	14.0	15.2	1.2	2.0	-	-						

Tab. 1. Übersichtstabelle zur Charakterisierung der 25 BWG-Flüsse mit langfristigen Zeitreihen und der Lufttemperatur (Erklärung der Tabellenparameter s.o.)

Name	Herkunft	geografische Angaben						Resultate			Fischfang				
		e-Koordinaten	n-Koordinaten	Stationshöhe	EZ (bis See)	mittl. Höhe (bis See)	max. Höhe (bis See)	Vergleichenkung	2002			Standort-ID FISTAT	rezenter Forellenfang		
									m ü.M.	km2	m ü.M.			%	Ts
Muota Ingenbohl	BWG	688230	206140	438	316	1349	2727	0.08	7.6	2.9	207	22	19001	164	NA
Lonza Blatten	BWG	629130	140910	1520	78	2647	3766	36.5	4.0	2.0	199	5	24017	28	109
Allaine Boncourt	BWG	567830	261200	366	196	560	993	0	11.6	4.1	202	4.5	11001	179	354
Allenbach Adelboden	BWG	608710	148300	1297	29	1868	2737	0	5.5	3.9	209	1.2	NA	NA	NA
Canal de la Broye Sugiez	BWG	575340	201450	429	717	643	1504	0	13.1	9.8	208	12	NA	NA	NA
Doubs Ocourt	BWG	572530	244460	417	78	696	1055	0	10.6	5.9	199	45	11003	101	54
Engelberger Aa Buochs	BWG	673555	202870	443	233	1600	3243	4.3	7.3	2.4	205	14	14004	127	54
Glatt Rheinsfelden	BWG	678040	269720	336	420	503	1082	0	12.9	7.0	205	10	26917	21	18
Langeten Huttwil	BWG	629560	219135	597	60	764	1081	0	9.6	4.7	209	1.8	NA	NA	NA
Lütschine Gsteig	BWG	633130	168200	585	382	2061	4124	17.4	6.1	2.1	196	22	4053	17	10
Mentue Yvonand	BWG	545440	180875	449	105	681	924	0	9.8	6.7	203	1.8	23126	56	99
Murg Wängi	BWG	714105	261720	466	82	651	1023	0	11.1	5.3	204	2.2	20003	55	53
Riale di Calneggia Caveragno	BWG	684970	135960	890	26	2013	2873	0	8.2	1.3	244	1.7	NA	NA	NA
Rietholzbach Mosnang	BWG	718840	248440	682	16	861	1265	0	8.9	5.5	213	0.1	NA	NA	NA
Saane Gümnen	BWG	585100	199240	469	1877	1136	3229	-	9.6	6.2	215	-	4035	80	21
Sperbelgraben Wasen	BWG	630725	207270	911	1	1043	1138	0	7.2	5.6	208	0.02	NA	NA	NA
Venoge Ecublens	BWG	532040	154160	383	239	709	1661	0	11.1	6.0	205	5.0	23205	97	130
Vorderrhein Ilanz	BWG	735000	182030	693	773	2028	3597	3.8	6.4	3.8	204	3.3	10010	117	54
Worble Ittigen	BWG	603005	202455	522	61	690	951	-	10.7	5.0	206	13	NA	NA	NA
Langete, Lotzwil	BE	626840	226535	502	115	713	1081	-	10.2	5.1	212	3	NA	NA	NA
Foule, Moutier	BE	593727	235583	587	0	612	631	-	10.1	0.3	177	0	NA	NA	NA
Birse, Court	BE	593150	232540	665	93	935	1331	-	9.9	4.0	204	2	NA	NA	NA
Grönbach, Sigriswil, Grönhütte	BE	624820	173650	1167	11	1598	2048	-	6.1	2.0	211	0	NA	NA	NA
Oberholzbach, Koppigen	BE	611170	221860	468	735	950	2171	-	10.2	5.7	202	1	NA	NA	NA
Röthebach, Eggwil	BE	627080	191605	746	51	996	1553	-	8.0	5.7	202	1	NA	NA	NA
Hauptkanal, Brienz, Stägmaten	BE	647410	176595	557	32	1479	2871	-	8.5	3.9	206	2	NA	NA	NA
Louibach, Saanen	BE	589115	146130	1061	63	1885	3229	-	6.0	4.5	207	3	NA	NA	NA
Saane, Saanen	BE	585800	148300	1004	232	1742	3229	1.6	6.0	4.2	208	11	4034	52	54
Simme, Zweisimmen	BE	595620	155960	930	207	1811	3225	6.23	6.2	2.7	203	10	4044	36	40
Entstige, Adelboden	BE	610880	150200	1197	73	1935	3237	-	5.6	3.9	206	3	4020	43	53
Kander, Frutigen, Viadukt	BE	616550	158320	780	204	2218	3808	-	6.9	2.0	208	9	4025	58	78
Lyssbach, Lyss, Herrengasse	BE	589870	213500	442	54	568	819	-	10.4	5.0	206	1	NA	NA	NA
Alte Aare, Lyss, Dammweg	BE	589570	214870	432	5186	1374	4193	-	11.6	5.7	210	4	4014	9	9
Mühlbach, Müchi	BE	602510	217790	467	58	525	669	-	9.6	6.2	207	112	NA	NA	NA
Limpachkanal, Messen	BE	601470	217365	467	40	522	669	-	10.8	6.4	206	1	NA	NA	NA
Suze, Villeret	BE	568420	223250	742	64	1080	1598	-	8.5	3.5	206	1	4037	50	165
Birse, Tavannes	BE	581585	229330	791	0	843	896	-	7.9	0.1	194	214	NA	NA	NA
Suze, Péry	BE	585520	225700	577	178	1025	1598	-	9.6	3.0	201	7	4038	204	205
Langete, Roggwil, Hintergasse	BE	627525	231500	455	128	693	1081	-	10.2	5.3	207	3	NA	NA	NA
Langete, Roggwil, WUL	BE	628240	232800	435	142	671	1081	-	10.0	5.7	208	3	NA	NA	NA
Oenz, Heimenhausen	BE	619680	228275	445	84	588	868	-	10.3	4.9	207	2	NA	NA	NA
Oesch, Koppigen, Weidmoos	BE	612875	221075	468	44	554	794	-	10.4	5.2	207	1	NA	NA	NA
Urtenen, Zaugenried	BE	607895	213532	498	73	563	804	-	11.9	5.8	205	1	NA	NA	NA
Urtenen, Schalunen	BE	606950	217390	483	101	554	804	-	11.2	4.8	206	2	NA	NA	NA
Sagbach, Worben	BE	588560	216810	436	14	456	584	-	10.1	2.1	221	0	NA	NA	NA
Chalière, Moutier	BE	593752	235651	551	18	905	1202	-	8.0	4.0	208	0	NA	NA	NA
Rauss, Moutier	BE	595995	236660	541	42	905	1436	-	8.4	3.6	207	1	NA	NA	NA
Langete, Kleindietwil	BE	626220	221960	553	95	736	1081	-	8.7	4.7	211	2	NA	NA	NA
Giesse, Gewerbekanal, Burgdorf	BE	614633	210558	542	670	978	2171	-	9.1	5.4	202	4	NA	NA	NA
Krauchtalbach, Krauchthal	BE	609790	207561	578	16	705	940	-	9.9	5.1	206	0	NA	NA	NA
Biembach, Hasle b. Burgdorf	BE	615149	208388	555	12	731	933	-	9.6	5.4	205	1	NA	NA	NA
Reuschbach, Gsteig	BE	586420	136615	1248	24	1917	3086	-	5.4	2.9	209	1	NA	NA	NA
Lyssbach, Schüpfen, Bundkofen	BE	594450	210550	503	21	620	819	-	10.2	4.2	209	0	NA	NA	NA
Luterbach, Oberburg	BE	614020	209730	546	35	704	940	-	9.2	5.7	204	0	NA	NA	NA
Entschlige, Frutigen	BE	616670	160325	763	146	1753	3237	-	6.5	5.0	204	7	4020	43	53
Aare Saane, Niederried b. K.	BE	584815	205815	457	5113	1386	4193	-	11.4	5.7	211	NA	NA	NA	NA
Aare, Radelfingen, Niederried	BE	584950	205750	457	5107	1387	4193	-	11.8	5.8	211	NA	NA	NA	NA
Emme, Rüderswil	BE	621015	205021	601	469	1052	2171	-	8.5	5.4	201	NA	4018	162	57
Emme, Schangnau, Bumbach	BE	634660	184770	915	71	1451	2171	-	6.5	6.6	207	NA	4016	75	71
Emme, Wiler b. Utzenstorf	BE	608052	222300	458	81	515	669	-	9.8	6.0	200	NA	4019	85	45
Emme, Burgdorf, Lochbachbrück	BE	614925	209550	548	658	984	2171	-	9.1	5.5	202	NA	4018	162	57
Venoge Ecublens	TG	531520	153500	383	240	708	1661	-	11.0	6.0	206	NA	23205	97	130
Venoge Bussigny	TG	530650	156050	395	234	716	1661	-	10.6	5.7	205	NA	23205	97	130
Veyron Montricher	TG	520750	160650	661	49	1036	1661	-	8.9	5.0	205	NA	23208	49	140
Emme Bätterkinden	TG	608050	222250	458	81	515	669	-	9.6	6.4	197	NA	4019	85	45
Emme Burgdorf	TG	614950	209500	548	658	984	2171	-	9.1	5.5	202	NA	4018	162	57
Emme Bumbach	TG	634800	184700	915	71	1451	2171	-	6.6	6.4	207	NA	4016	75	71
Necker Letzi	TG	724300	250465	568	125	906	1511	-	9.1	6.3	201	NA	16073	36	37
Necker Achsäge	TG	727055	247355	612	109	932	1511	-	9.0	6.0	198	NA	16072	69	62
Necker Hemberg	TG	733500	237750	874	12	1196	1509	-	7.0	5.0	204	NA	NA	NA	NA

* BE = Kt. Bern, TG = Fischnetz-Testgebiete

Tab. 2. Kenndaten des Jahres 2002 von 70 weiteren analysierten Fließgewässern (Erklärung der Tabellenparameter s.o.).

3 Erklärungen zu den Grafiken

3.1 Saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss im Jahr 2002 (Abb. XX 1).

Abb. XX 1 in Kap. 6.1-25 (XX = Kürzel für die Messstelle, siehe Tab. 1 in Kap. 2.5) zeigen den saisonalen Verlauf der Wassertemperatur im Jahr 2002. Im oberen Teil der Darstellung wird ein Vergleich der Tages-, Wochen- und Monatsmittel mit den Parametern der Sinusregression und ihren entsprechenden Kurven gezeigt. Im unteren Teil ist die Saisonalität des Abflusses aufgezeigt, ebenfalls im Vergleich von Tages-, Wochen-, Monats- und Jahresmittelwert.

Erläuterungen

Temperatur (obere Darstellung):

Tagesmittel (max = ##°C)	Verlauf der Tagesmittelwerte und deren Höchstwert im Jahr 2002
Wochenmittel (max = ##°C)	mittlere Temperatur (Tagesmittel) pro Kalenderwoche mit Höchstwert im Jahr 2002
Monatsmittel (max = ##°C)	mittlere Temperatur (Tagesmittel) pro Monat mit Höchstwert im Jahr 2002
Sinusregression	Jahresverlauf der mit der Sinusregression an die Tagesmittel angepassten Kurve (siehe Abb. 2)
95% VB	95% Vorhersagebereich (prediction interval) der Tagesmittelwerte um die errechnete Sinuskurve
Sinusmax = ##°C, Datum	Ts+A (Sommertemperatur) und Zeitpunkt des Erreichens dieses maximalen Sinuswertes im Jahr.
optimales T-Band für BF	optimaler saisonaler Temperatur-Bereich für Bachforellen (siehe Kap. 2.4)
S-max (1988-2002) = ##°C, Datum	Sinusmax der Periode 1988-2002 als Vergleichswert für das Sinusmax 2002

Abfluss (untere Darstellung)

Tagesmittel (max = ##m ³ /s)	mittlerer Abfluss pro Tag (Tagesmittel)
Wochenmittel (max = ##m ³ /s)	mittlerer Abfluss (Tagesmittel) pro Woche
Monatsmittel (max = ##m ³ /s)	mittlerer Abfluss (Tagesmittel) pro Monat
Jahresmittel Qa (2002) = ##m ³ /s	mittlerer Abfluss (Tagesmittel) pro Jahr
Qa (1978-2002) = ##m ³ /s	mittlerer Abfluss der Periode 1988-2002 als Vergleichswert für das Jahresmittel Qa 2002

3.2 Langjähriger Verlauf und langjährige saisonale Veränderung (Abb. XX 2).

Abb. XX 2 in Kap. 6.1-25 zeigen oben den langjährigen Verlauf der Temperaturtagesmittel im Vergleich zur Sinusregressionskurve (über den Zeitraum von 1978 bis 2002 ermittelt) sowie den Abfluss im selben Zeitraum. Unten wird die langjährige Saisonalität der beiden Perioden 1978-1987 und 1988-2002 einander gegenübergestellt. Die statistischen Analysen der beiden Perioden je einzeln zeigen keinen signifikanten linearen Trend. Somit hat die Erwärmung sprunghaft 1987/88 stattgefunden.

Erläuterungen

Langjähriger Verlauf von Temperatur und Abfluss (obere Darstellung):

XX, Temperatur Tagesmittel	Verlauf der Tagesmittelwerte der Temperatur ab Messbeginn oder frühestens ab 1971
Sinusregression	als Referenz eingezeichnete Sinusregressionskurve (berechnet über den Zeitraum 1978-2002)
Abfluss Tagesmittel	Verlauf der Tagesmittelwerte des Abflusses

Saisonale Veränderung zwischen 1978-1987 und 1988-2002 (unten):

### m.ü.M.	Meereshöhe der Messstation
1978-1987, Wochenmittel	Verlauf der mittleren Wochentemperatur von 1978-1987 (die einzelnen Kalenderwochen aller Jahre wurden unter sich gemittelt)
1988-2002, Wochenmittel von 1988-2002
max (1978-1987): ##°C, Datum	Ts+A und Datum M des Erreichens dieser Temperatur in der Periode 1978-1987
max (1988-2002): ##°C, Datum von 1988-2002
1978-1987, 95% VB	95% Vorhersagebereich (prediction interval) der Tagesmittelwerte um die errechnete Sinuskurve der Periode 1978-1987
1988-2002, 95% VB von 1988-2002
1978-1987, unter 4°C: ## d	Anzahl Tage (der Sinuskurve) unterhalb einer Temperatur von 4°C in der Periode 1978-1988
1988-2002, unter 4°C: ## d von 1988-2002
1978-1987, über 19°C: ## d	Anzahl Tage (der Sinuskurve) über einer Temperatur von 19°C in der Periode 1978-1988
1988-2002, über 19°C: ## d von 1988-2002
Δ max: ##°C, Δ min: ##°C	Differenz zwischen den Maximaltemperaturen, bzw. Minimaltemperaturen der beiden Perioden 1978-1987 und 1988-2002
shift des Maximums: ## d	Verschiebung des Zeitpunktes, an dem die Maximaltemperatur erreicht wird von Periode 1978-1987 zu Periode 1988-2002

optimales T-Band für BF	optimaler saisonaler Temperatur-Bereich für Bachforellen (siehe Kap. 2.4)
shift 9°C erreicht: ## d	Verschiebung des Zeitpunktes an dem im Frühjahr eine Temperatur von 9°C erreicht wird (ein negativer Wert bedeutet eine Verfrühung)

3.3 Abweichung von den langjährigen Mittelwerten (Abb. XX 3).

Abb. XX 3 in Kap. 6.1-25 zeigen die Abweichungen gegenüber dem Mittelwert der gewählten Periode im langfristigen Verlauf. Die mittlere Temperatur (T_s), die Sommer- (T_s+A) und Wintertemperatur (T_s-A), und auch der Zeitpunkt des Erreichens der Maximaltemperatur (M) zeigen deutliche Unterschiede in den beiden Vergleichsperioden 1978-1987 und 1988-2002. Der Abfluss weist kein analoges systematisches Muster auf.

Erläuterungen

- Verlauf des 12-Monate-Sinusmittelwertes T_s der Wassertemperatur; gleitend in 2-Monate-Schritten berechnet. Die Perioden 1978-1987 und 1988-2002 enthalten keinen linearen Trend und können als stationär angesehen werden. Deshalb sind die arithmetischen Mittelwerte der Perioden 1978-1987 und 1988-2002, und auch der ganzen Periode 1978-2002 eingezeichnet.
- Abweichungen der jährlichen Sinusommer- und Sinuswintertemperaturen (T_s+A und T_s-A) vom Mittelwert aller (T_s+A)- oder (T_s-A)-Werte von 1978-2002. Die Referenz sind also die gemittelten jährlichen Sinusmaxima und –minima über alle 25 Jahre.
- Abweichung des Datums M , an dem der Maximalwert der Wassertemperatur im Jahresverlauf erreicht wird, vom Mittelwert aller M -Werte von 1978-2002. Die Referenz sind die über alle 25 Jahre gemittelten jährlichen Zeitpunkte (Datum).
- Verlauf des 12-Monate-Sinusmittelwertes T_s der Wassertemperatur; gleitend in 2-Monate-Schritten berechnet (wie bei a); dazu dasselbe für den Abfluss, aber hier das arithmetische 12-Monate-Mittel an Stelle des Sinusmittels.

3.4 Vergleich Wasser- und Lufttemperatur

Die Wassertemperatur wird wesentlich durch die Strahlung und den advektiven Austausch mit der Luft geprägt. Wie die Lufttemperatur nimmt deshalb auch die Wassertemperatur mit der Höhe über Meer ab. Daneben spielen Vergletscherung des Einzugsgebiets, die Schneeschmelze und die Bewirtschaftung von Speicher- und Laufkraftwerken eine Rolle. Wir haben uns in unseren Analysen darauf beschränkt, die generellen Zusammenhänge zwischen Lufttemperatur und Wassertemperatur zu überprüfen.

Erläuterungen

Die Abbildungen in Kap. 6.26 zeigen die Abweichung der 12-Monate-Sinusmittelwerte T_s der Wasser- und Lufttemperaturen je vom langjährigen Mittel der Tagesmittelwerte, wieder gleitend in 2-Monate-Schritten berechnet, analog zu Abb. XX 3d.

Lufttemperatur (arithmetisches Mittel der Tagesmitteltemperaturen der Stationen Zürich und Basel) und Wassertemperatur weisen deutlich einen parallelen Verlauf auf, im Unterschied zum häufig komplementären Abflussverlauf in Abb. XX 3d.

Abweichungen vom generellen Muster wie beispielsweise bei der Aare Brienzwiler BW weisen meist auf starke anthropogene Störungen hin und bilden die Ausnahmen.

4 Diskussion

Die Temperaturen der schweizerischen Fließgewässer haben in den vergangenen Jahrzehnten als Folge der Klimaveränderung beträchtlich zugenommen. Dadurch wurden die biologischen Prozesse beschleunigt und auch Krankheiten wie PKD können weiter verbreitet auftreten. Einige Gewässerstrecken gerieten neu in Bereiche, welche an der oberen Grenze der optimalen Temperaturen für Forellen liegen. Ausserordentliche Wärmeperioden wie im Sommer 2003, verbunden mit niedrigen Abflüssen, können dadurch vermehrt zu kritischen Bedingungen für die Fische und zur Dezimierung der Populationen führen. Andererseits ermöglicht eine Erwärmung aber auch die Erschliessung neuer Habitats in bisher zu kalten Gewässern.

Die Schweiz verfügt über eine grosse Vielfalt von Gewässertypen mit verschiedenen hydrologischen und physikalischen Bedingungen. Es ist daher nicht möglich, eine Beurteilung der Folgen der beobachteten Erwärmung zu machen, welche generell gültig ist. Die vorliegenden Auswertungen und Darstellungen sollen aber Hinweise und Referenzen geben, wie ein spezifisches Gewässer beurteilt werden kann.

5 Literatur

- Elliott, J. M. (1994). Quantitative ecology and brown trout, Oxford University Press.
- Güttinger, H. (1980). "Die Anwendung einer Fourier-Transformation zum Ausgleich von Saisonschwankungen bei der physikalisch-chemischen Charakterisierung von Fließgewässern." Schweiz.Z.Hydro. **42**(2): 309-321.
- Hari, R. and J. Zobrist (2003). Trendanalyse der NADUF-Messresultate 1974-1998. Dübendorf-Zürich (Schweiz).
- Livingstone, D. M. and M. T. Dokulil (2001). "Eighty years of spatially coherent Austrian lake surface temperatures and their relationship to regional air temperatures and the North Atlantic Oscillation." Limnol. Oceanogr. **46**(5): 1220-1227.
- Weber, R., O. and P. Talkner (1997). "20th-century changes of temperature in the mountain regions of central Europe." Climatic Change **36**: 327-344.

6 Grafiken der einzelnen Flüsse

6.1 Aare Brugg

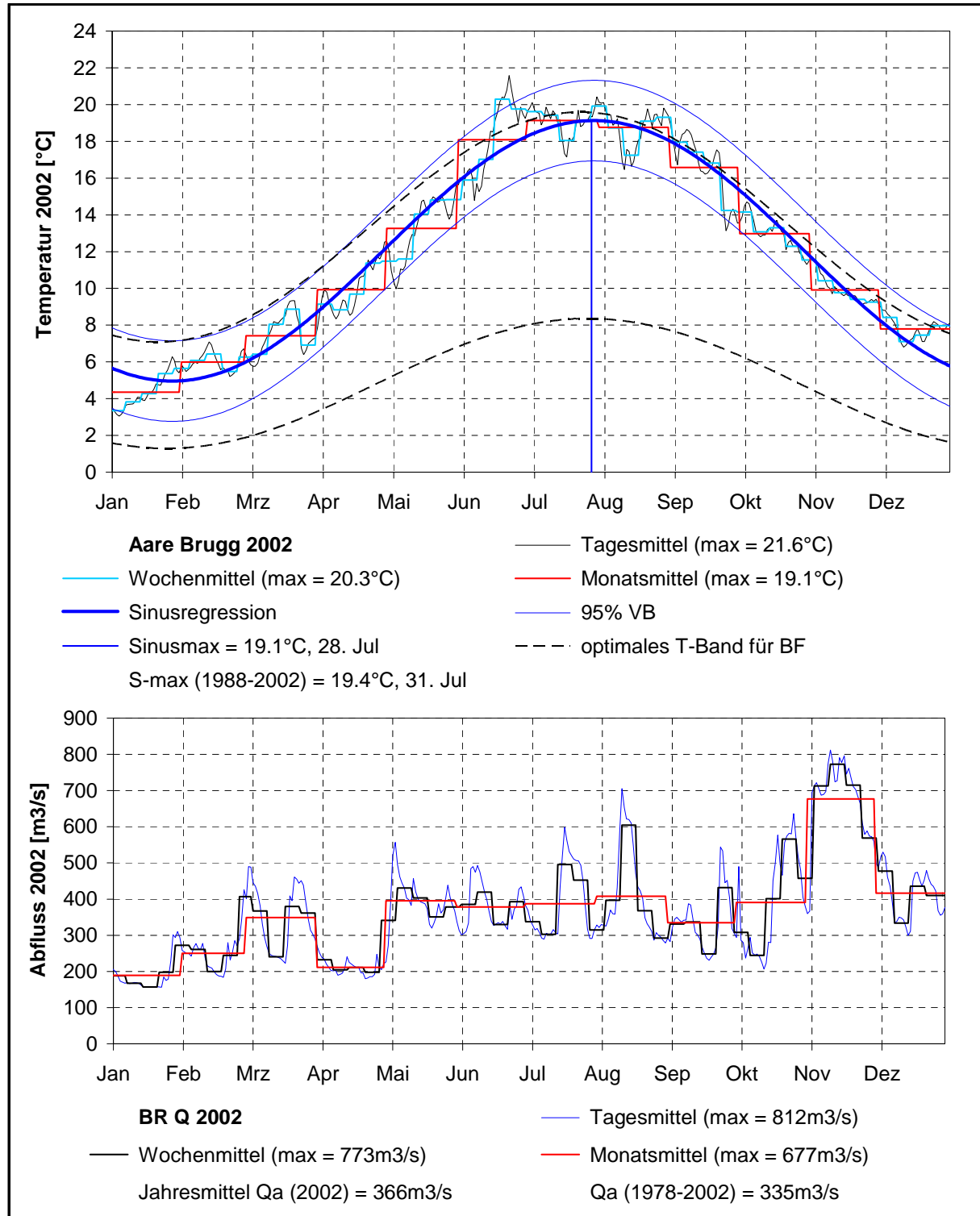


Abb. BR 1. Aare Brugg: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

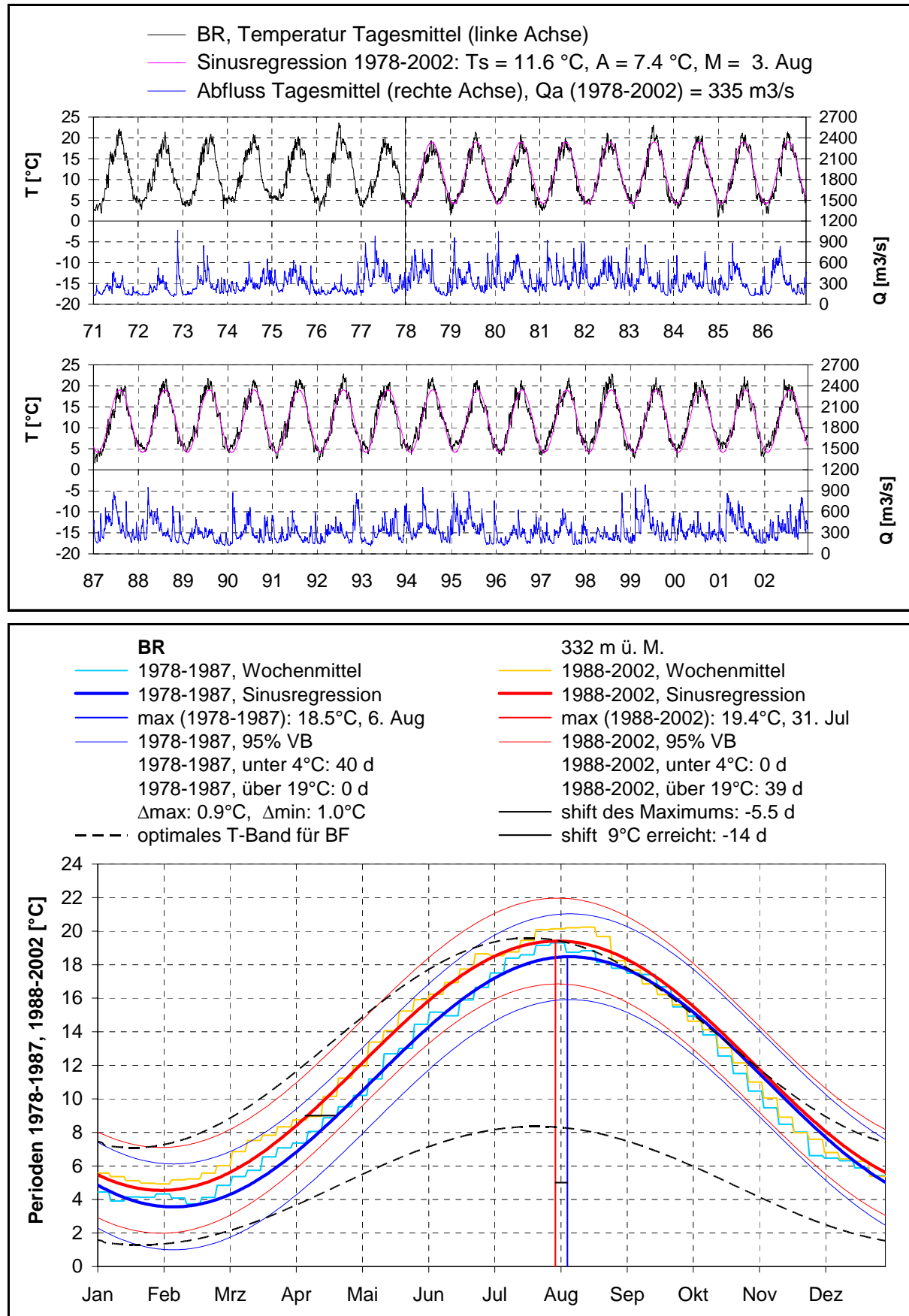


Abb. BR 2. Aare Brugg: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

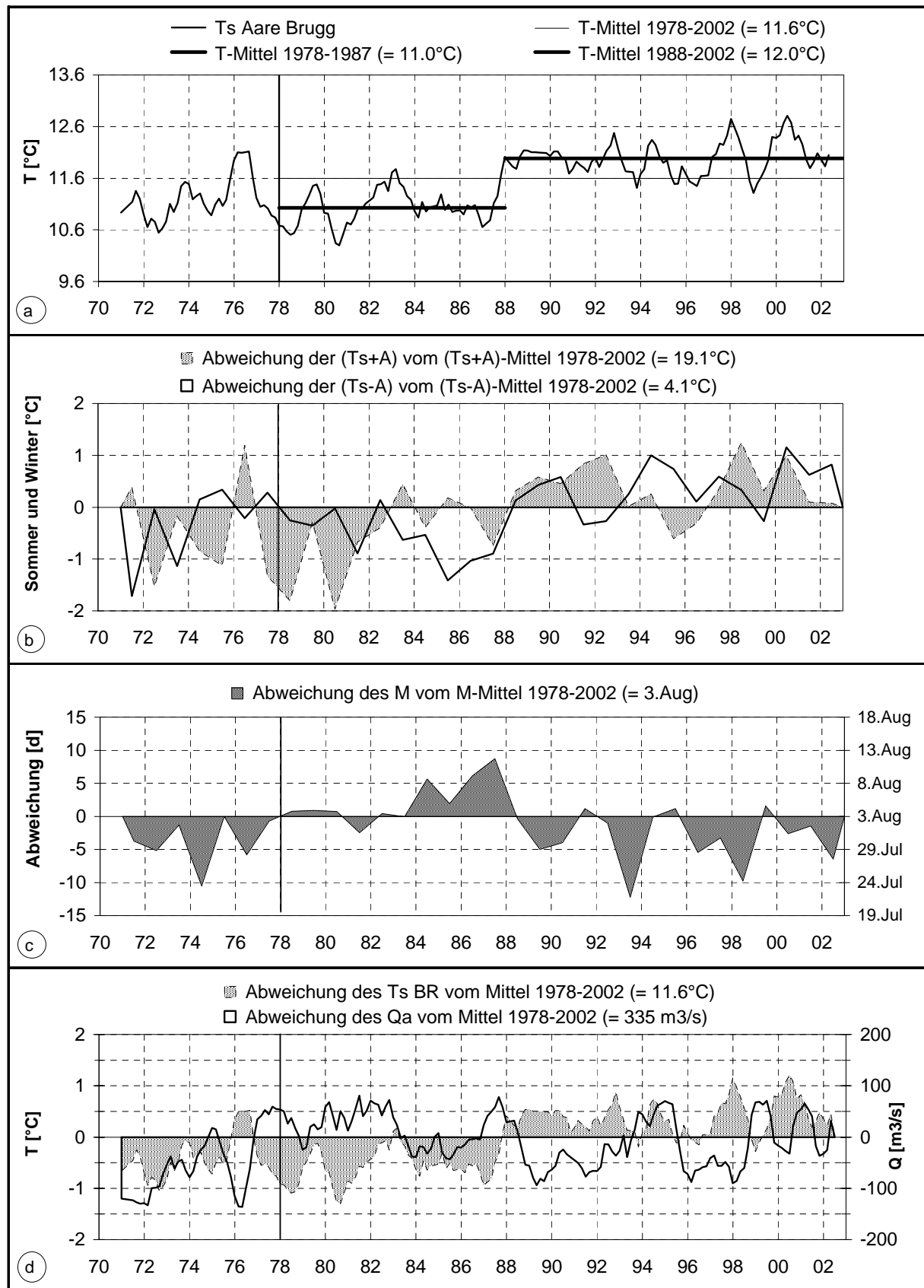


Abb. BR 3. Aare Brugg: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.2 Emme Emmenmatt

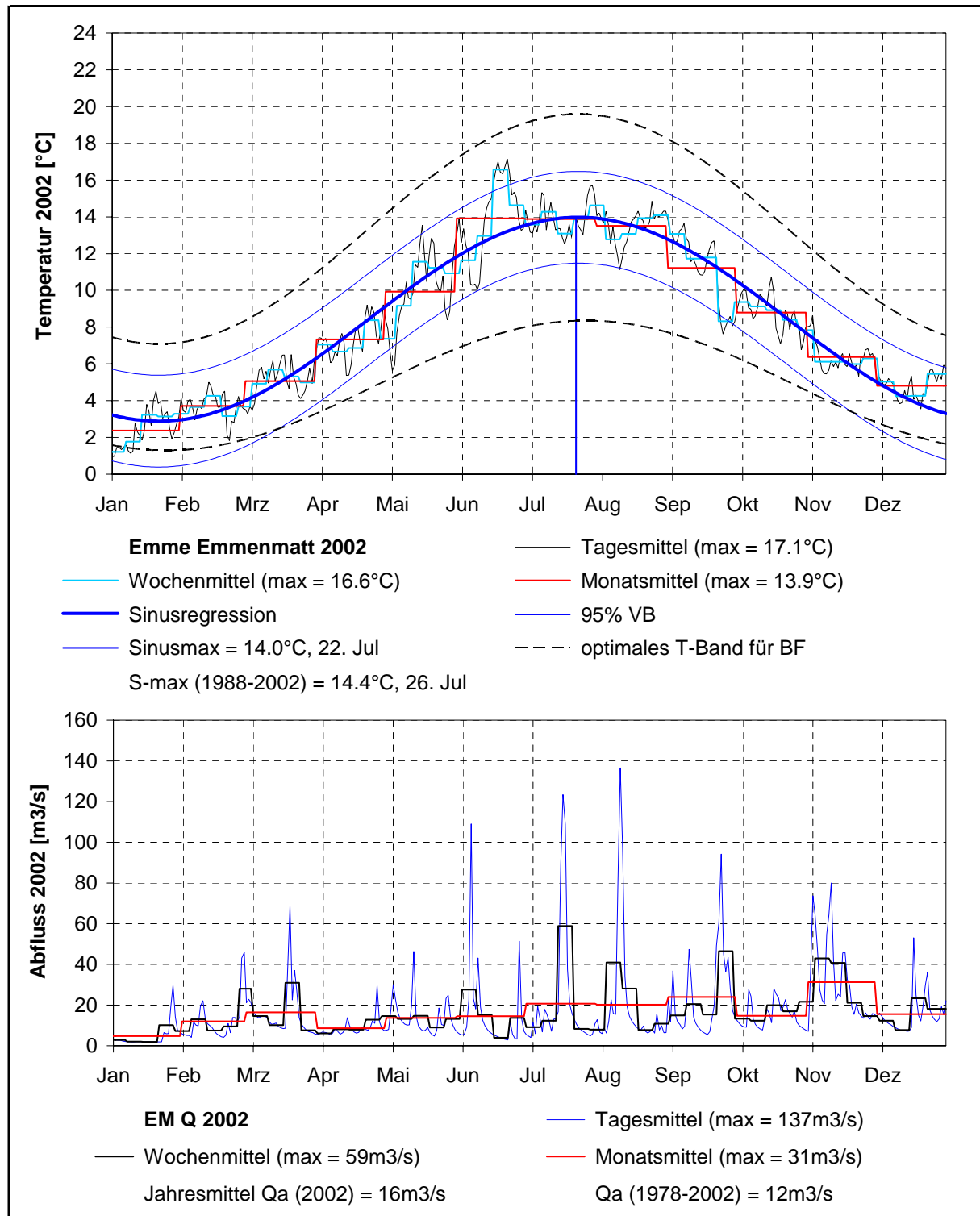


Abb. EM 1. Emme Emmenmatt: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

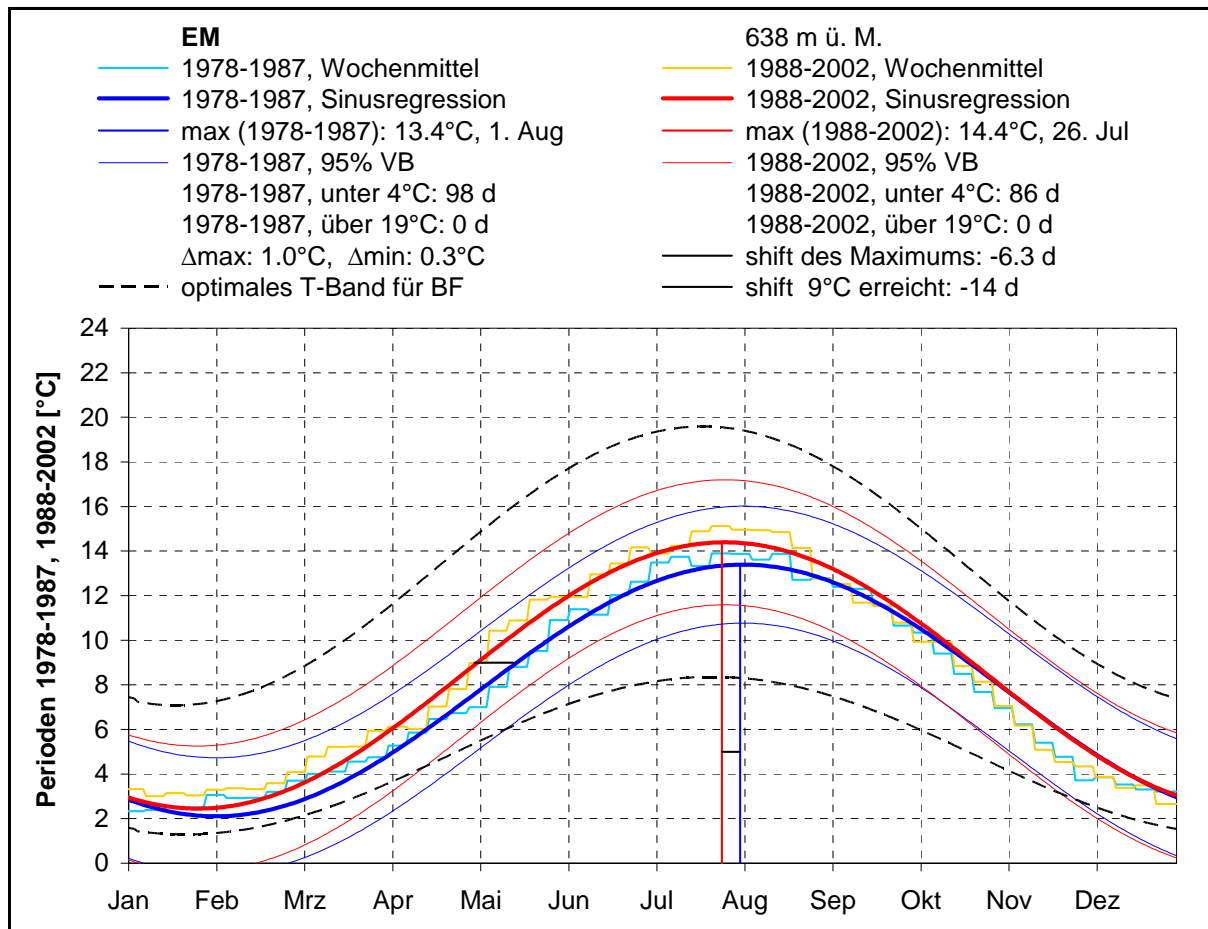
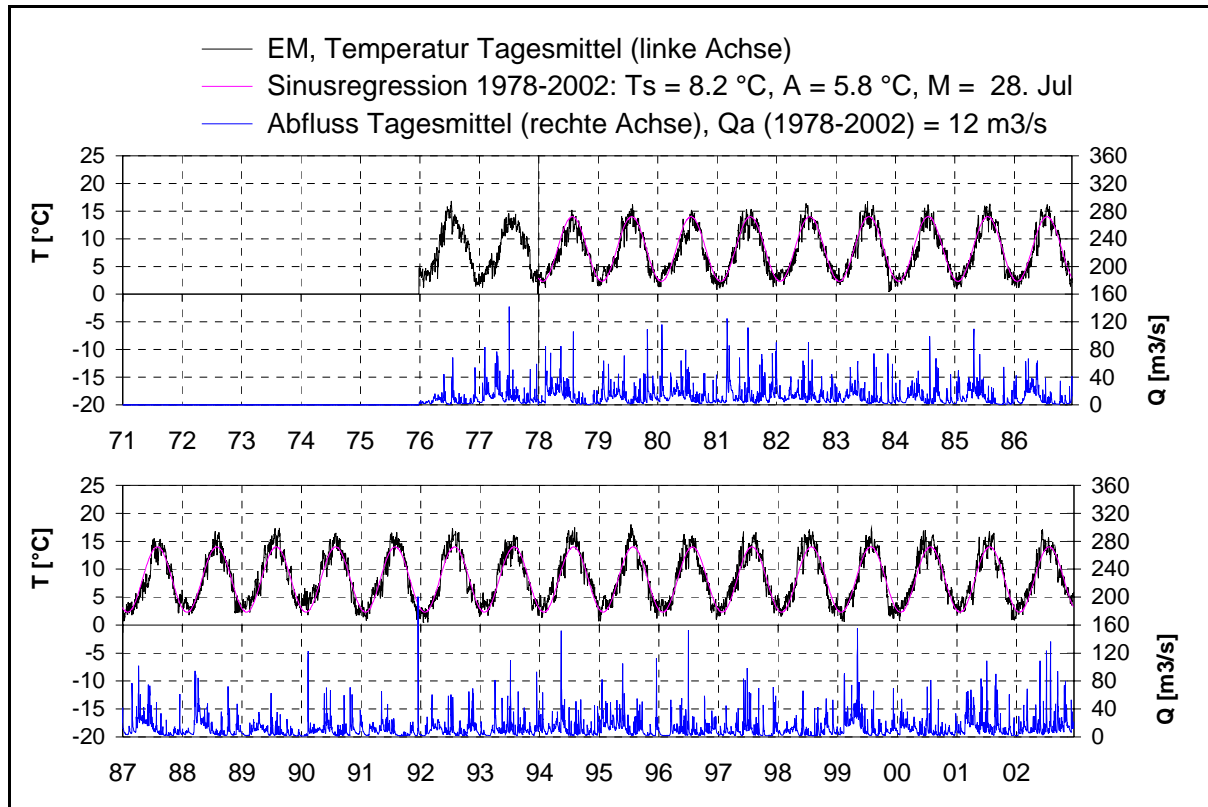


Abb. EM 2. Emme Emmenmatt: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

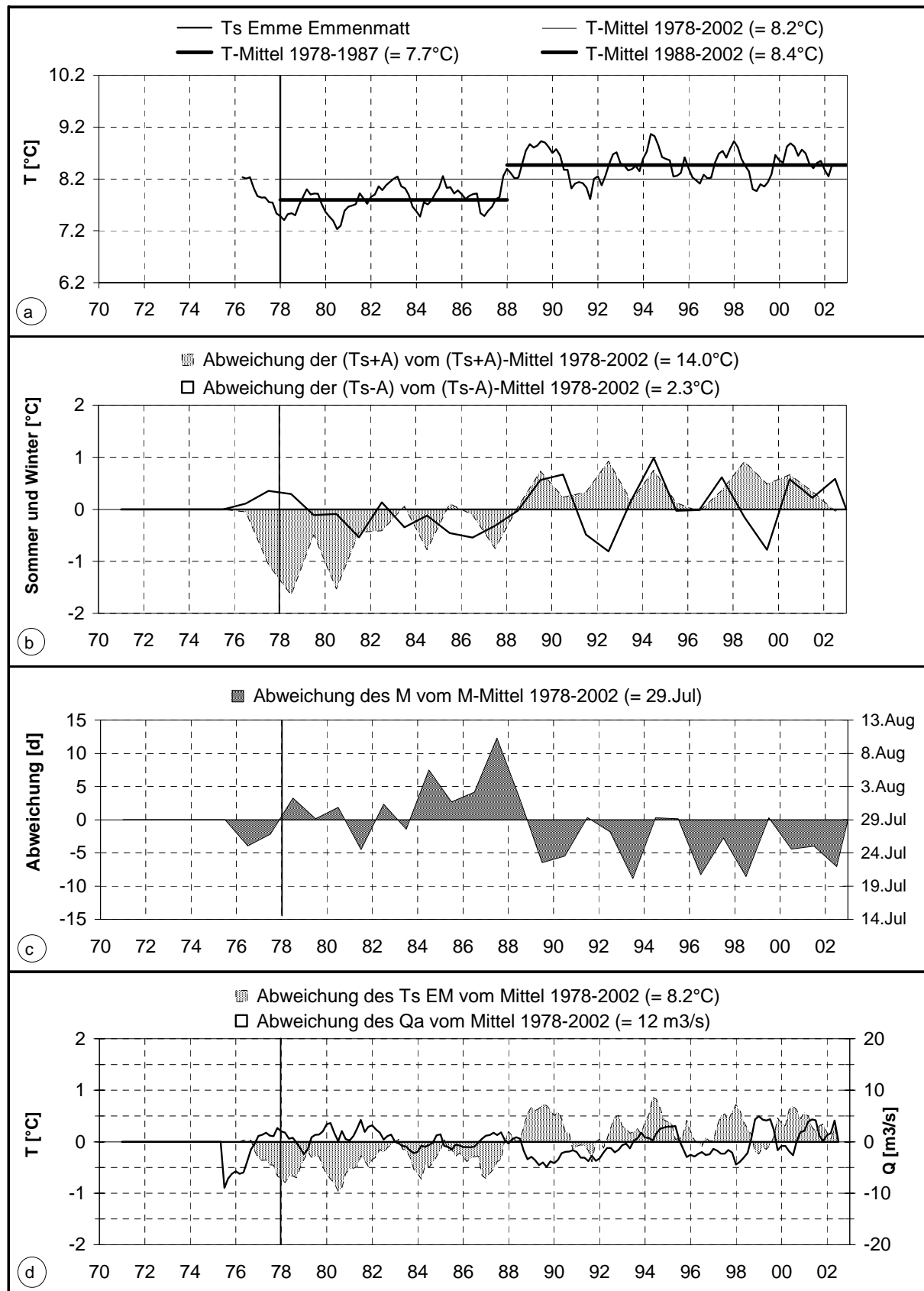


Abb. EM 3. Emme Emmenmatt: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.3 Aare Brügg

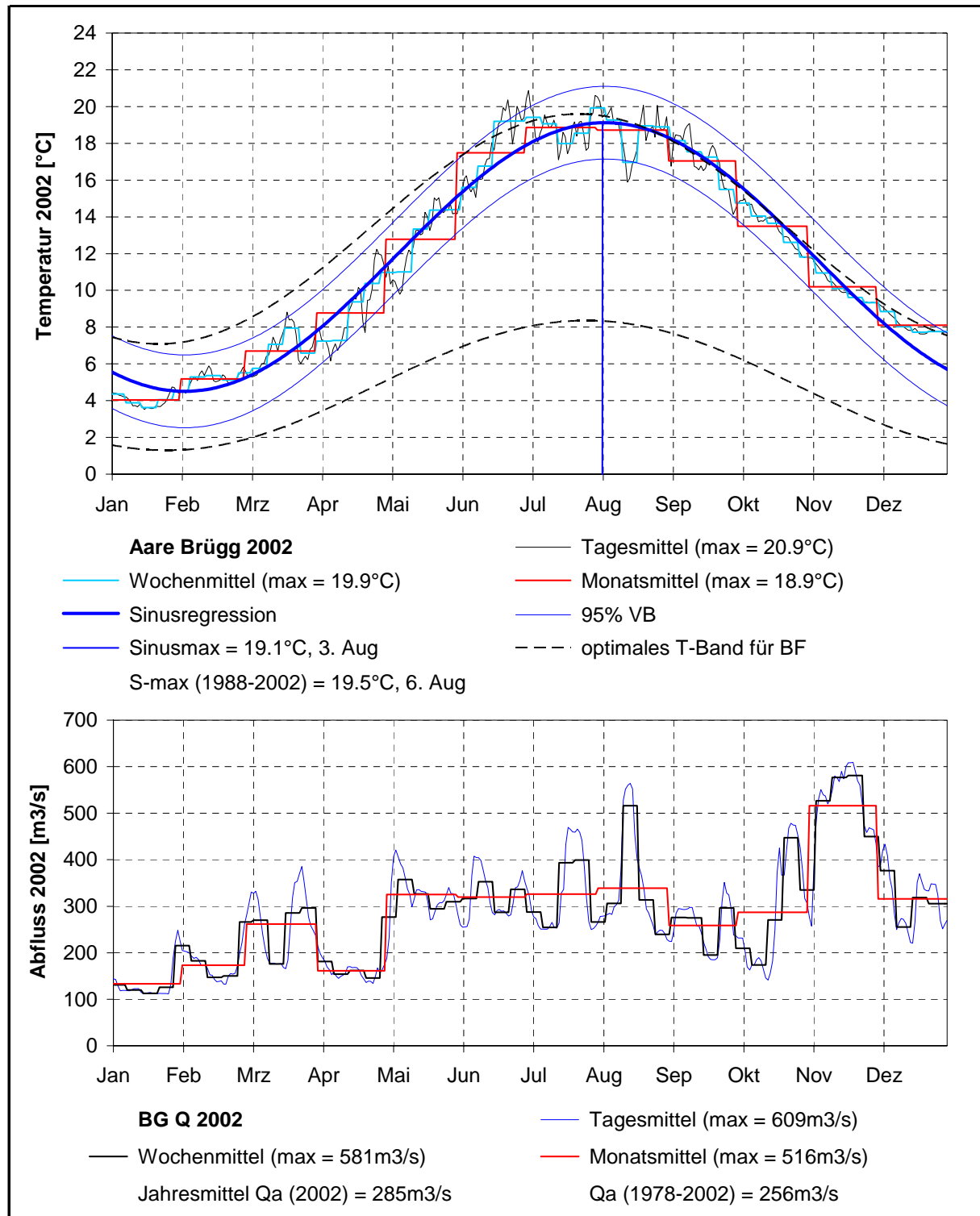


Abb. BG 1. Aare Brügg: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

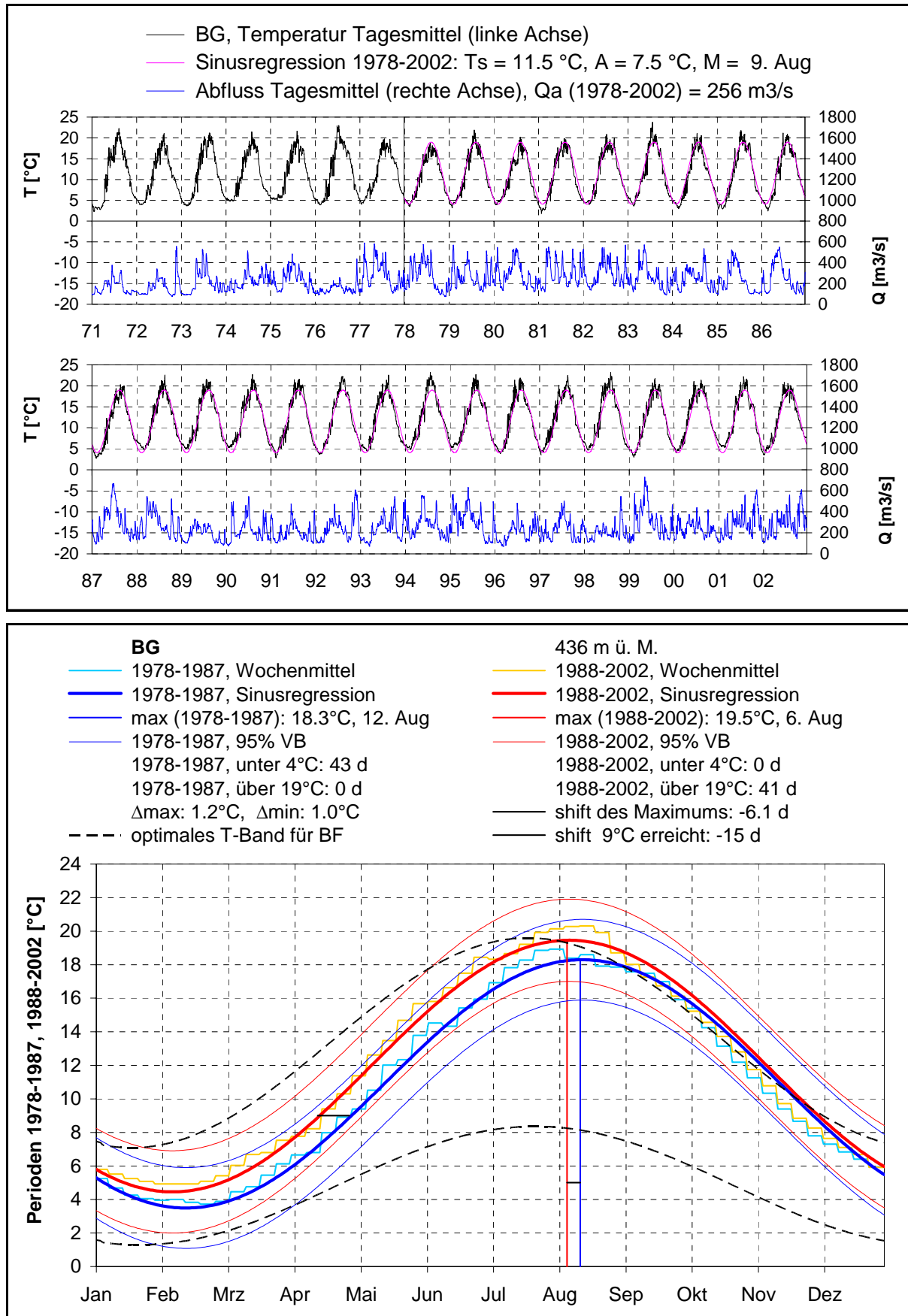


Abb. BG 2. Aare Brugg: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

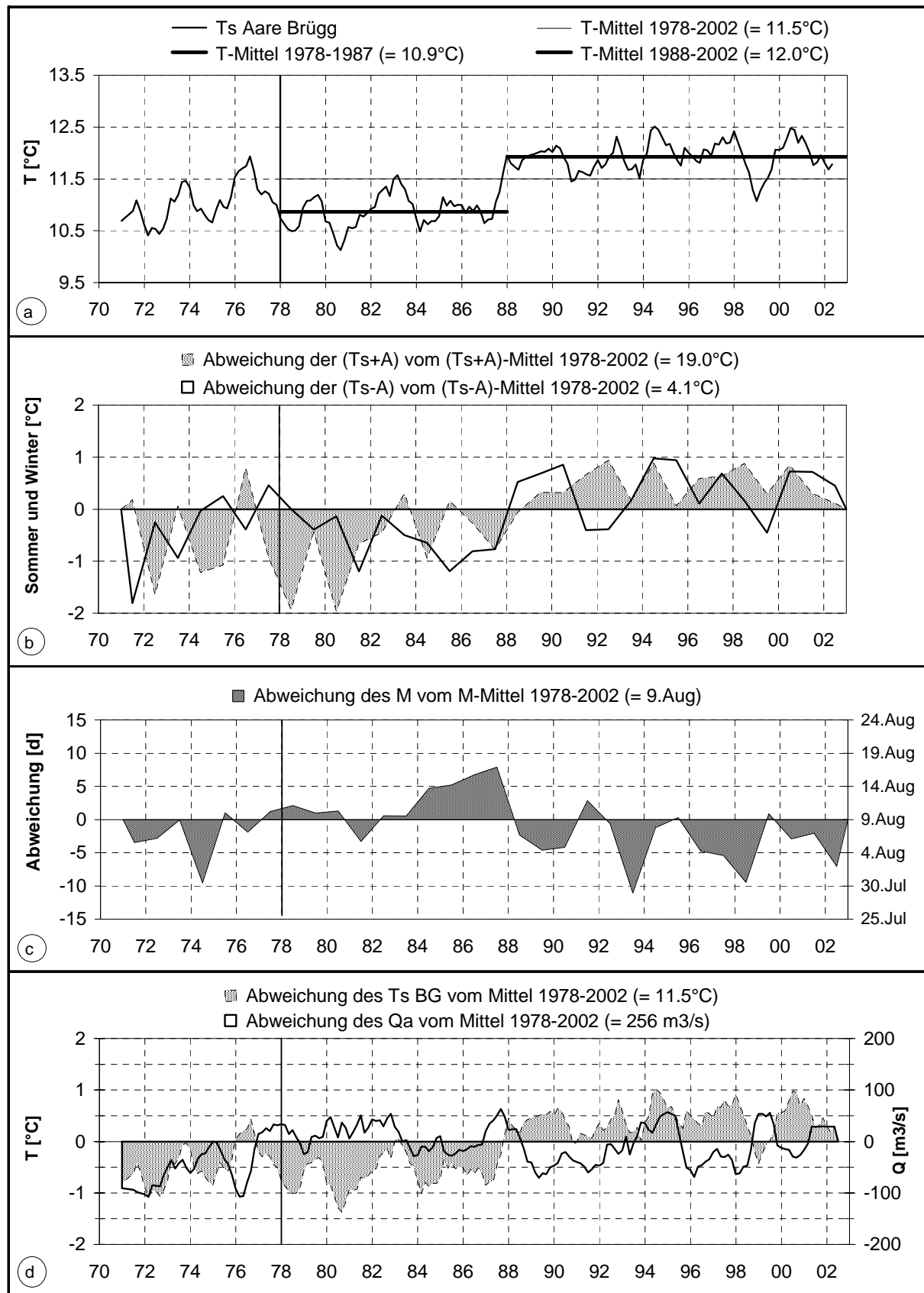


Abb. BG 3. Aare Brügg: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.4 Broye Payerne

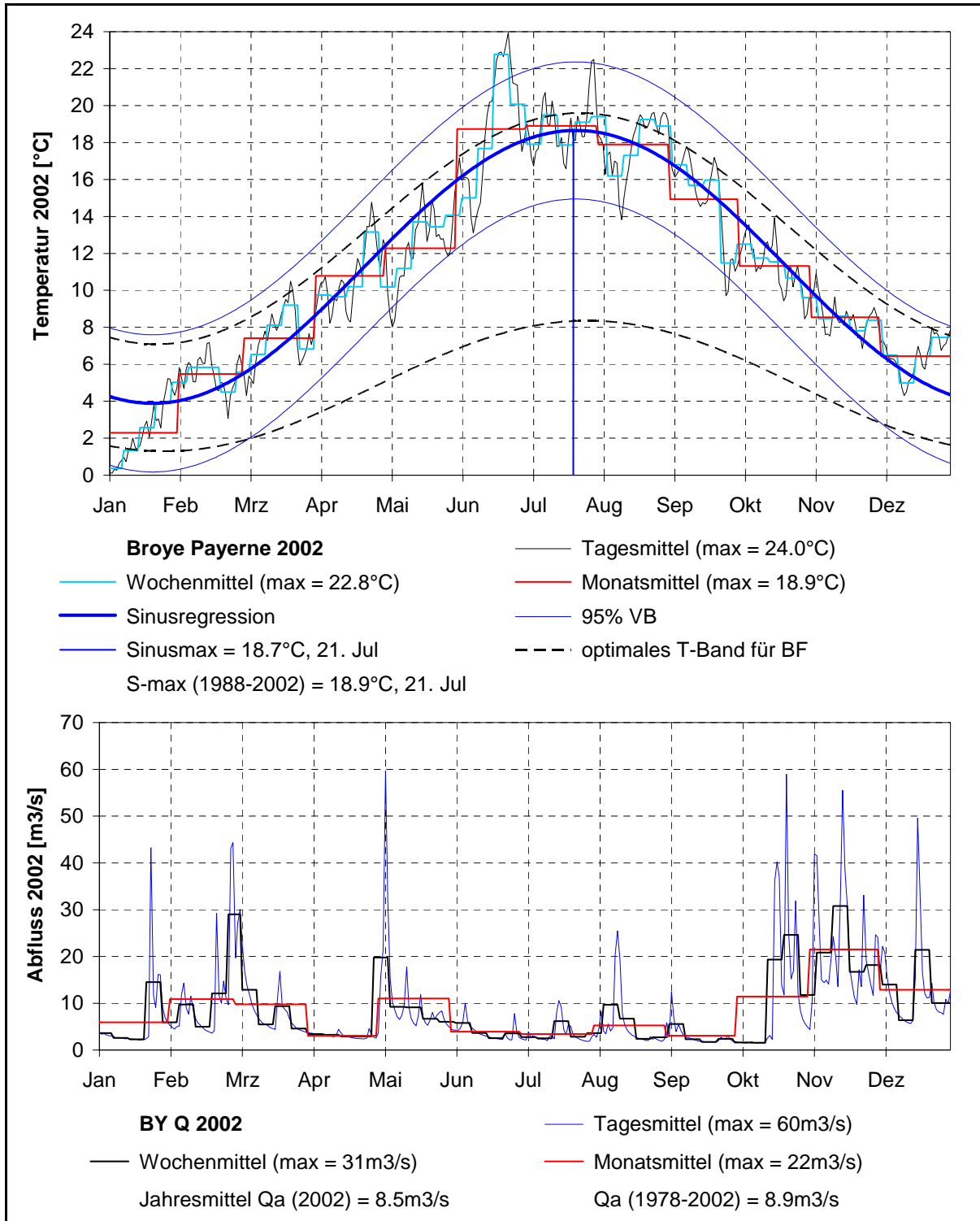


Abb. BY 1. Broye Payerne: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

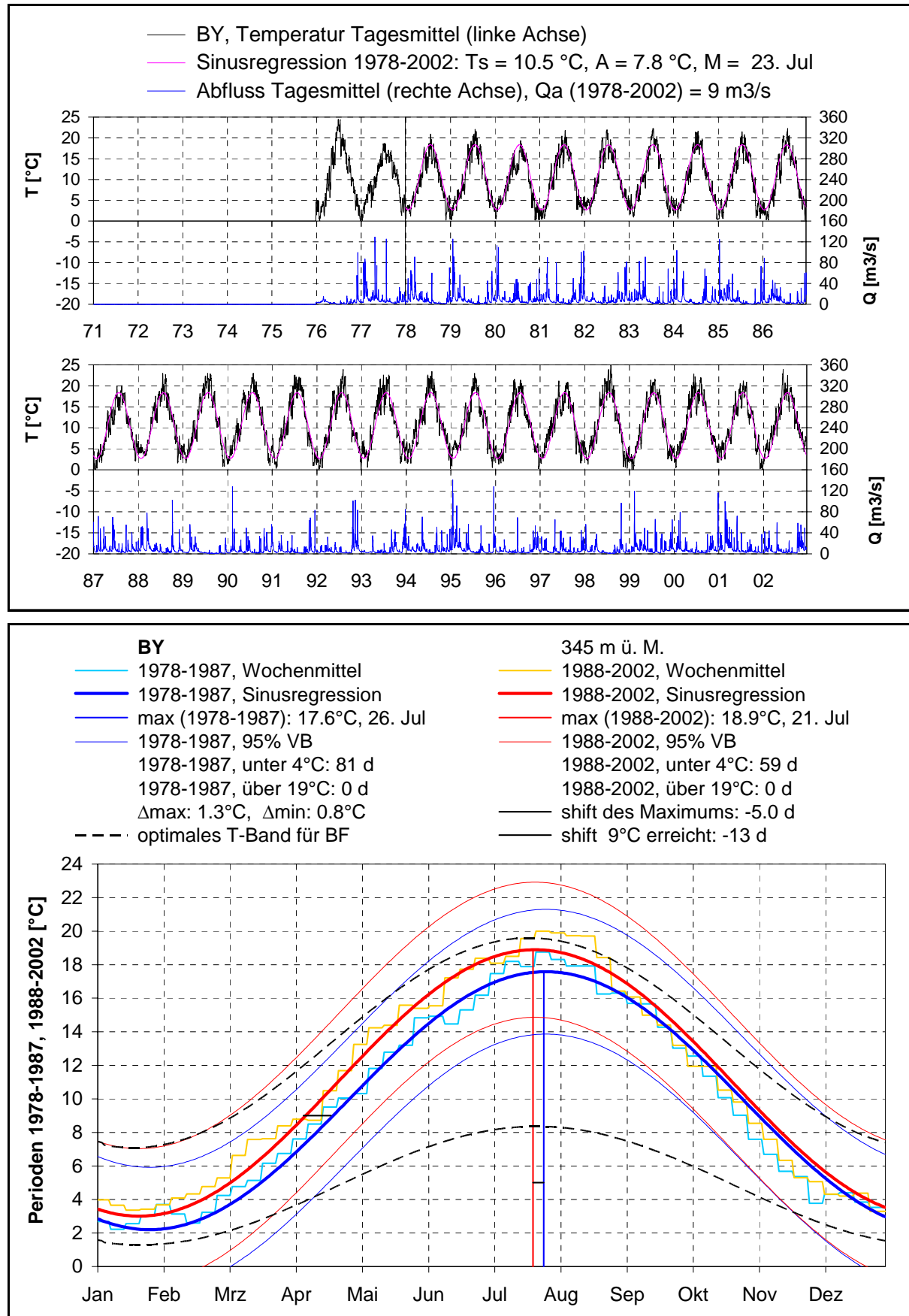


Abb. BY 2. Broye Payerne: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

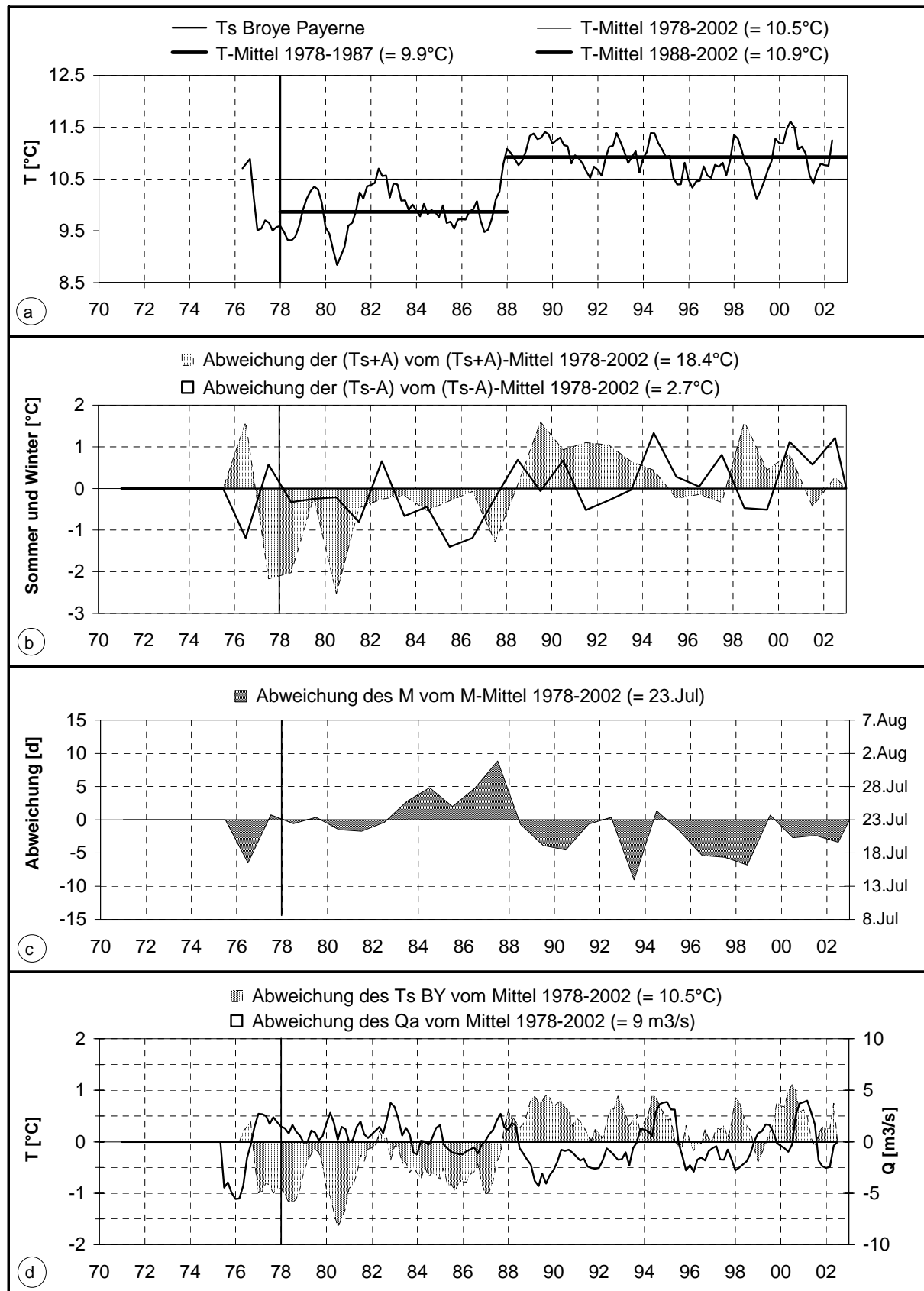


Abb. BY 3. Broye Payerne: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.5 Aare Hagneck

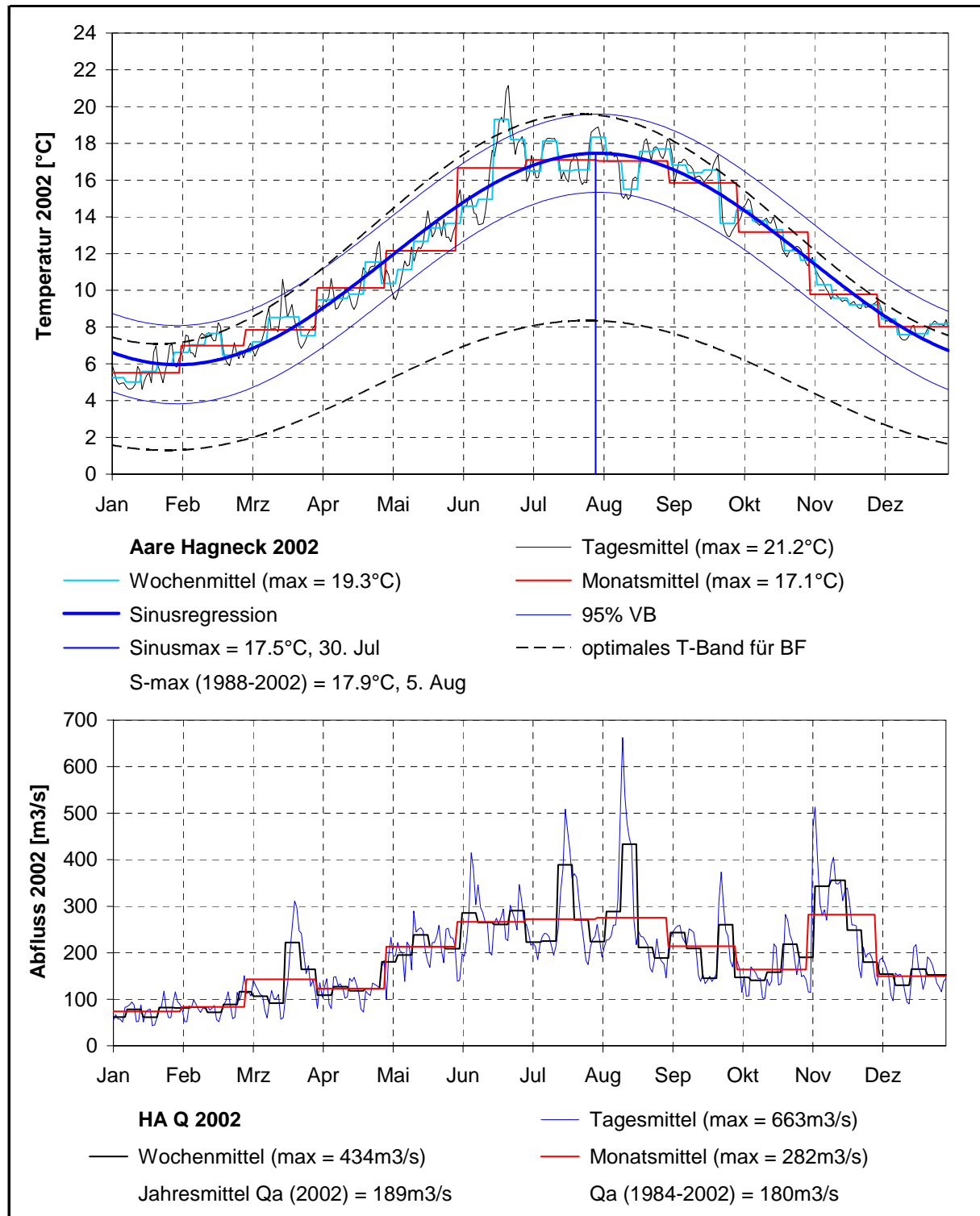


Abb. HA 1. saisonaler Verlauf von Aare Hagneck: Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

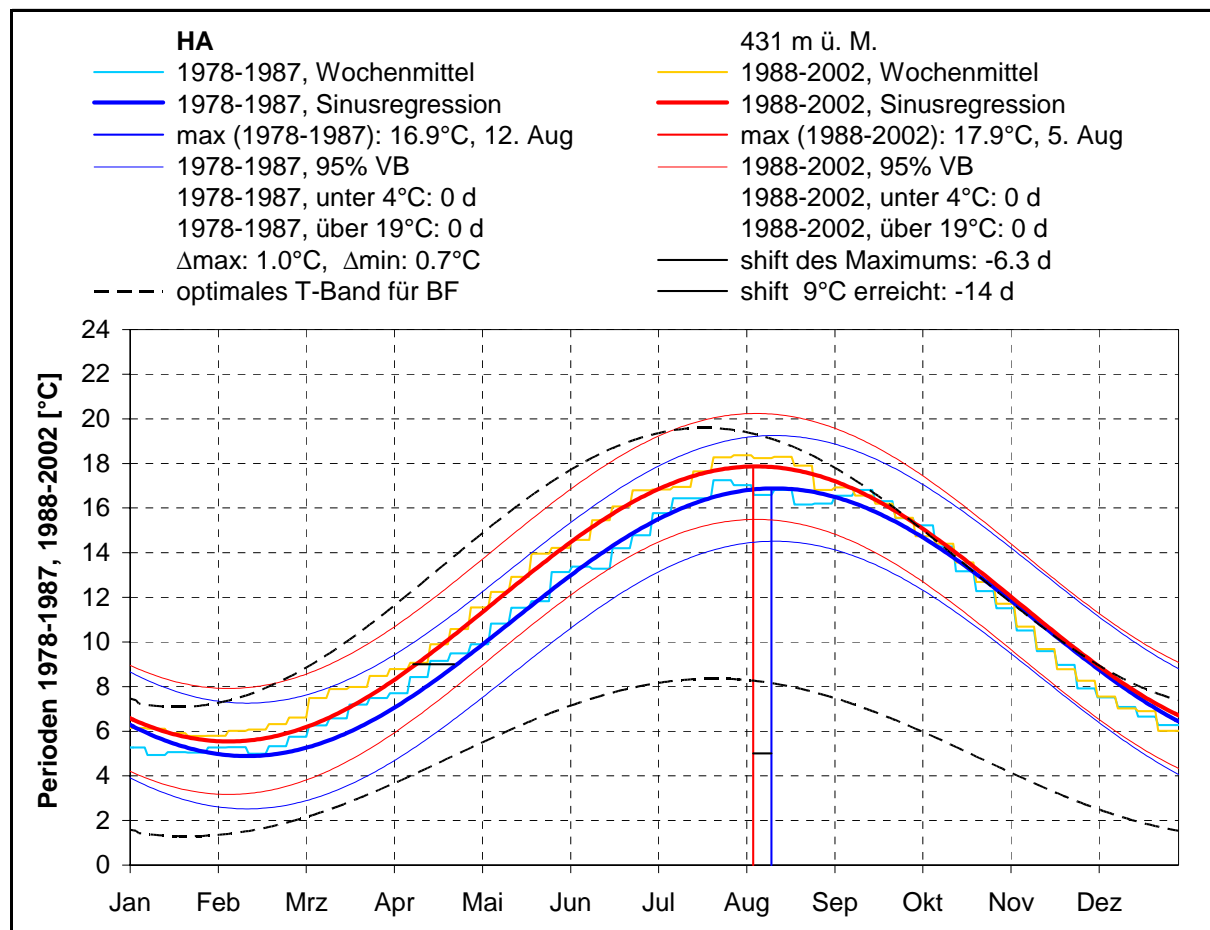
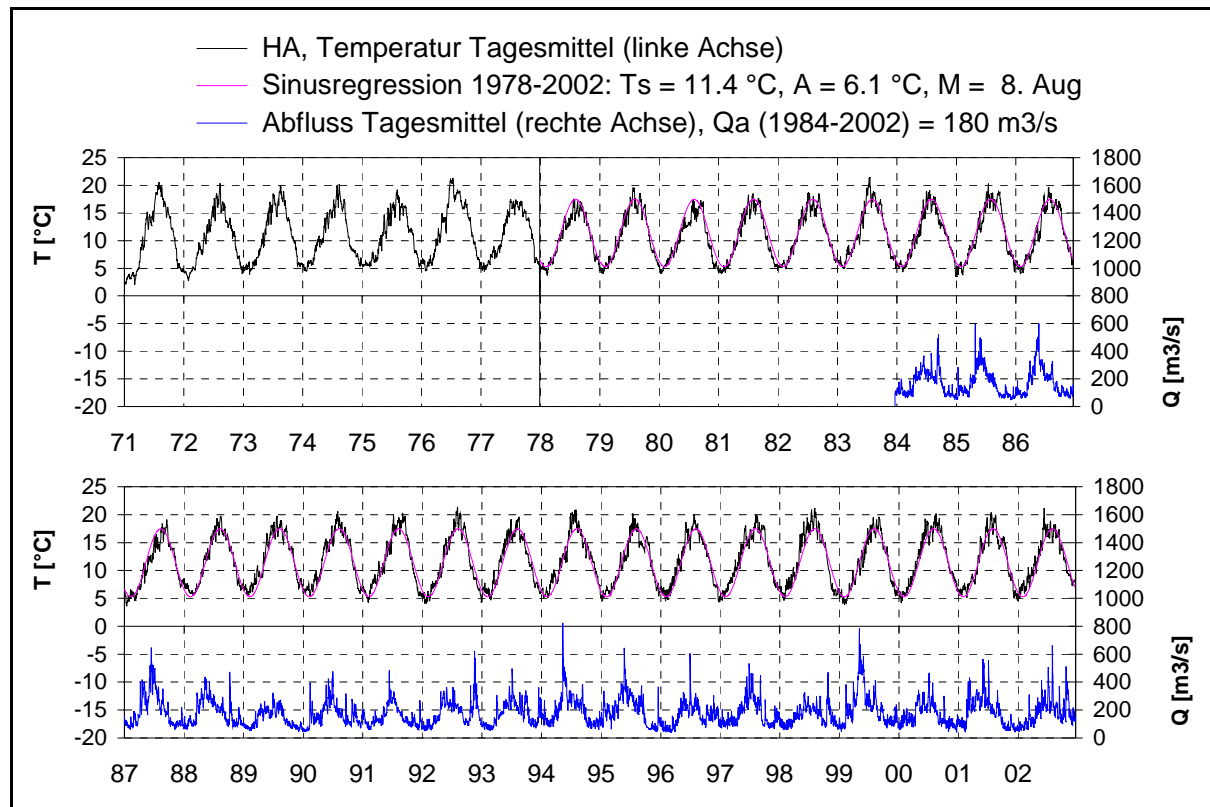


Abb. HA 2. Aare Hagneck: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

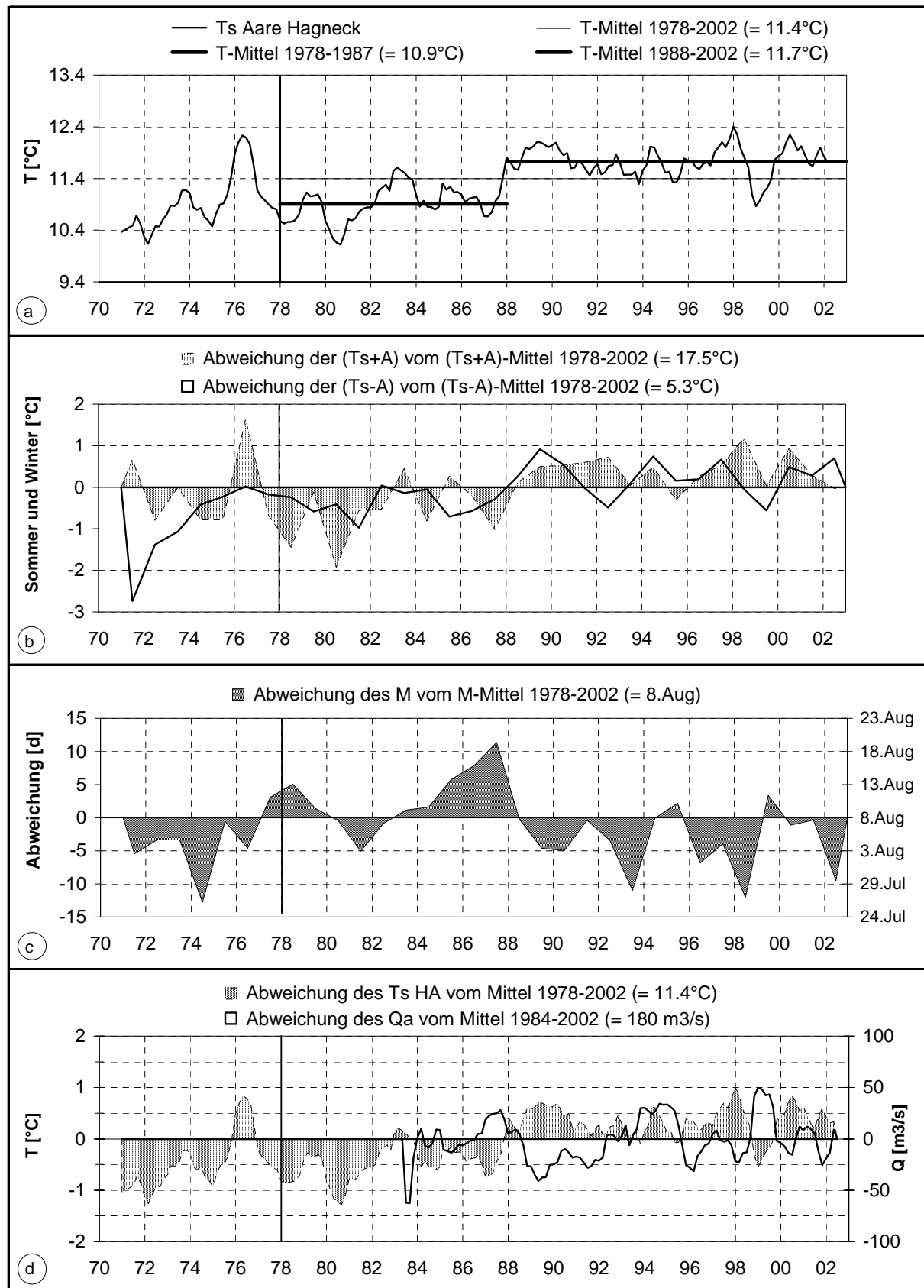


Abb. HA 3. Aare Hagneck: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.6 Aare Bern

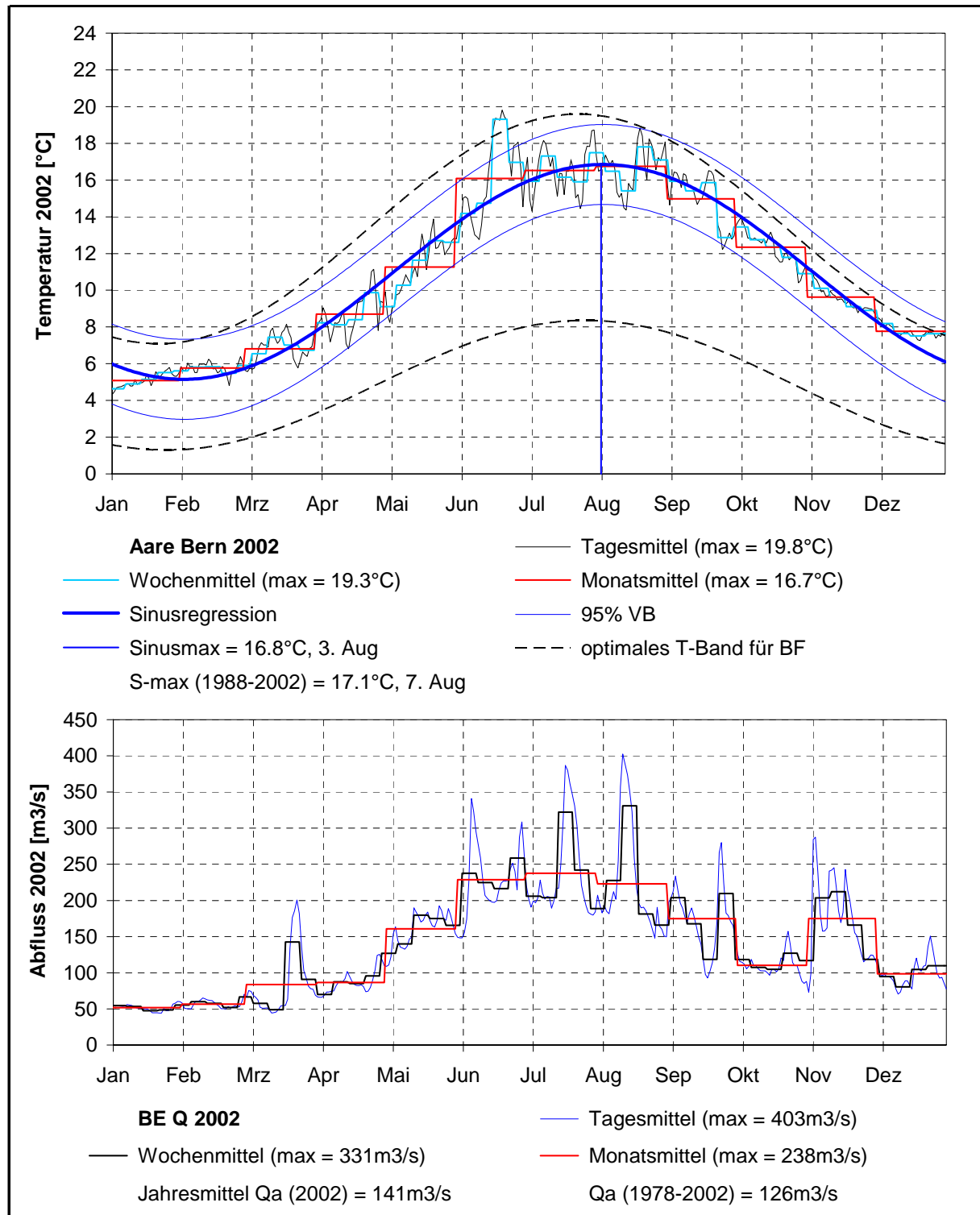


Abb. BE 1. Aare Bern: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

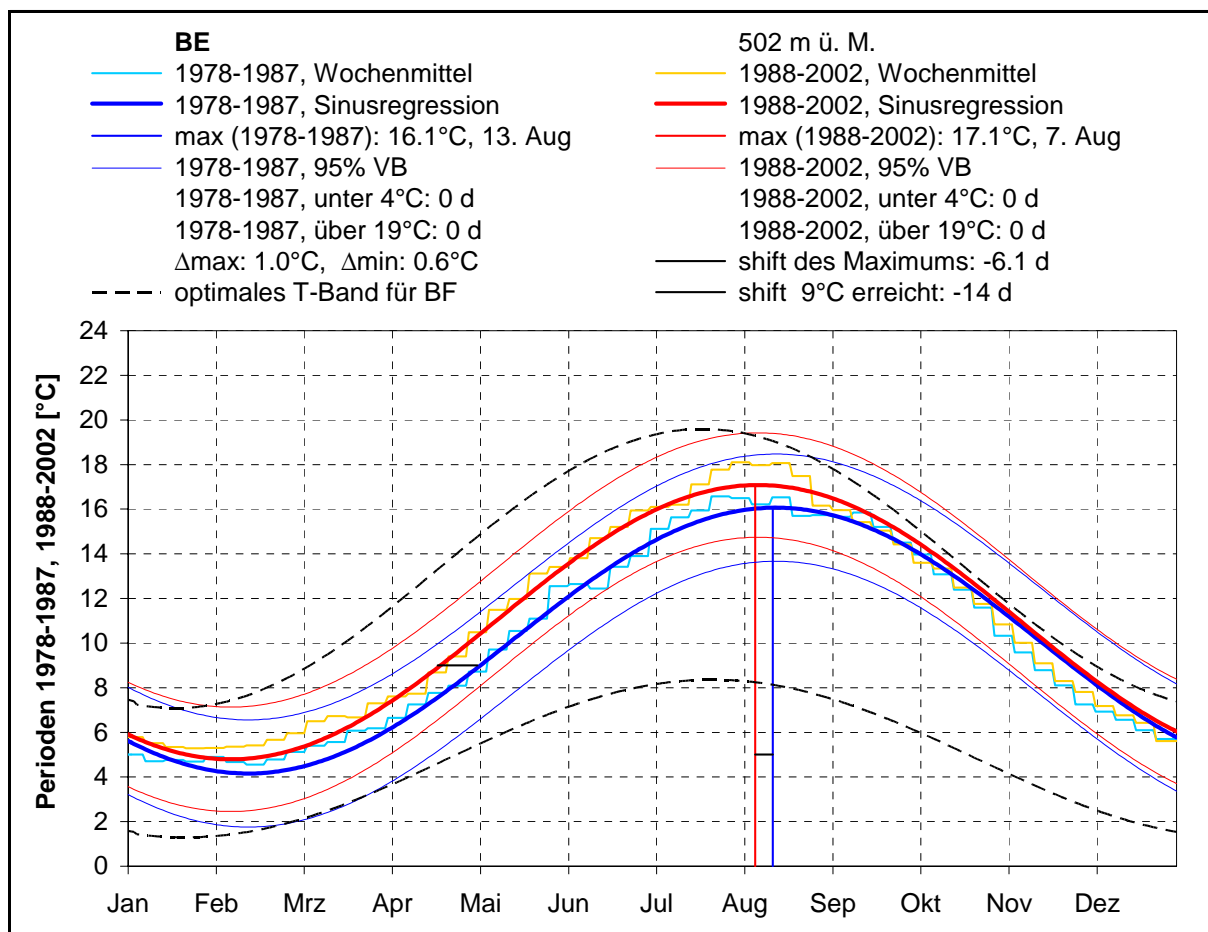
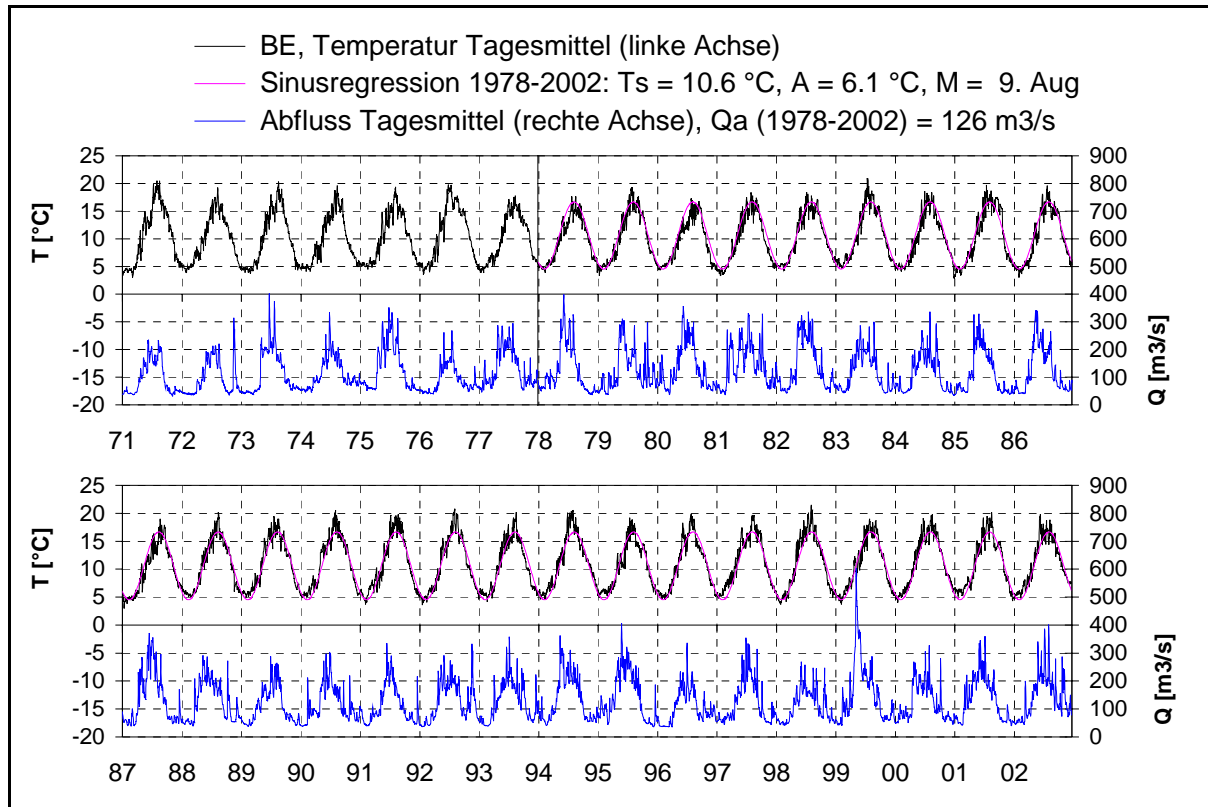


Abb. BE 2. Aare Bern: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

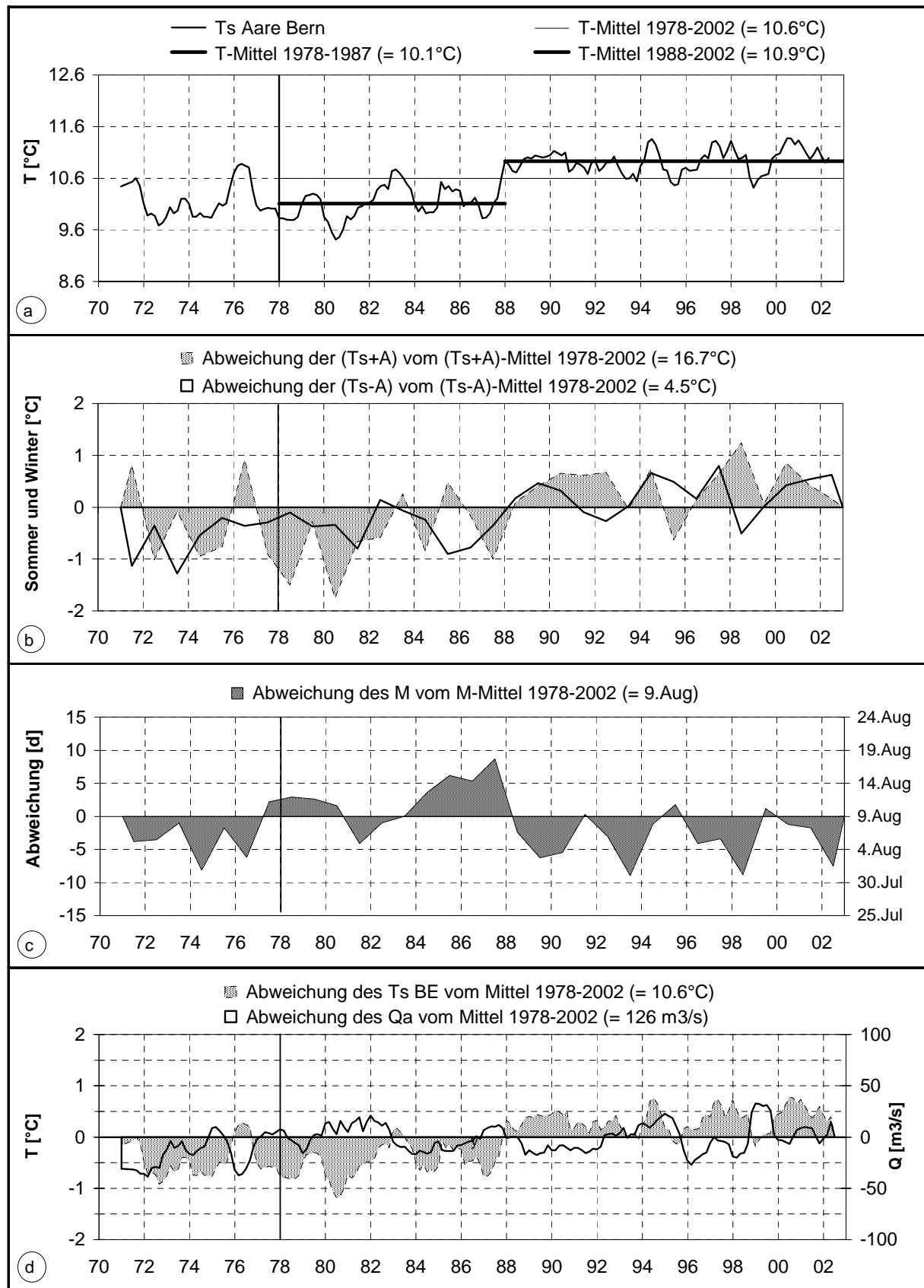


Abb. BE 3. Aare Bern: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.7 Aare Thun

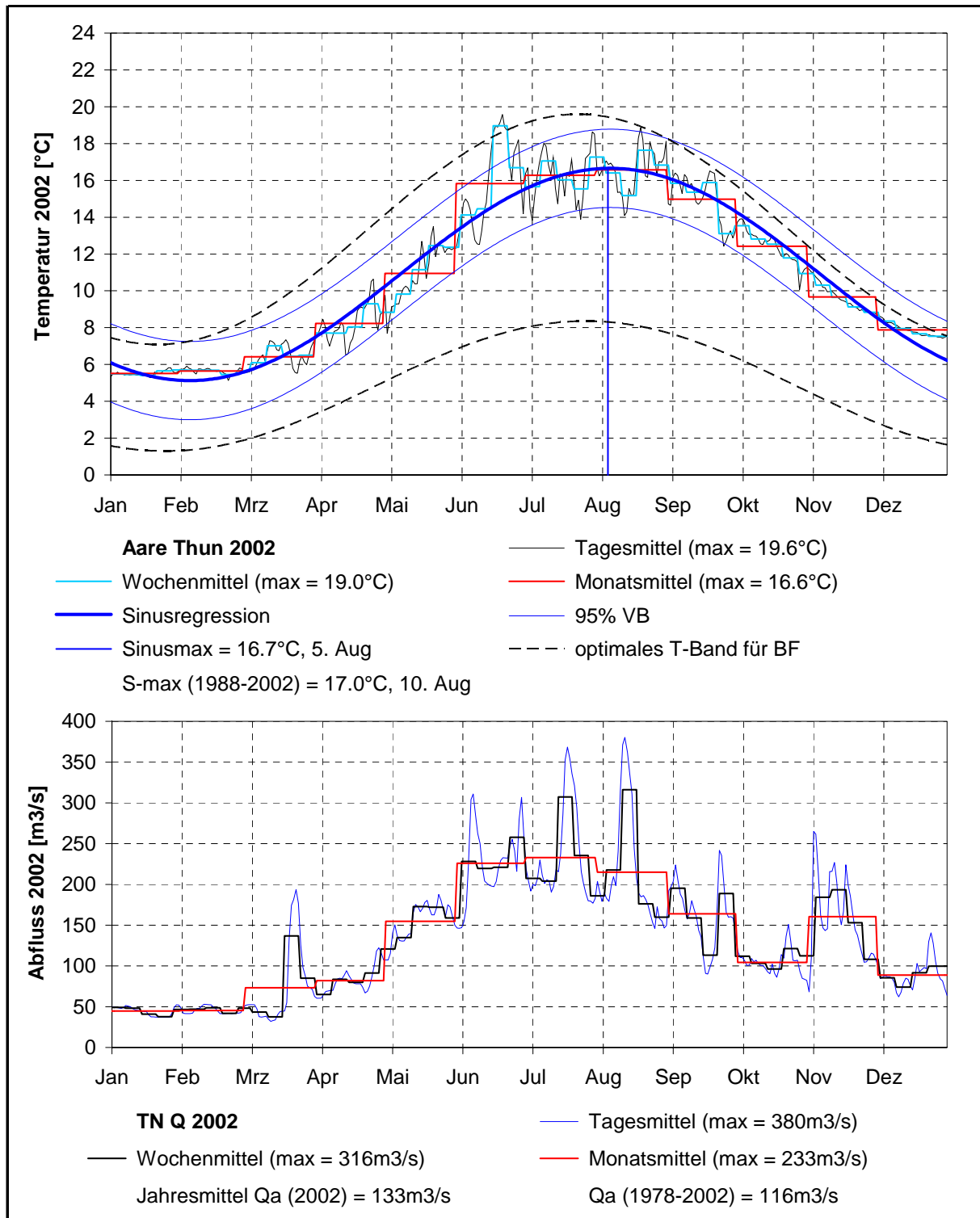


Abb. TN 1. Aare Thun: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

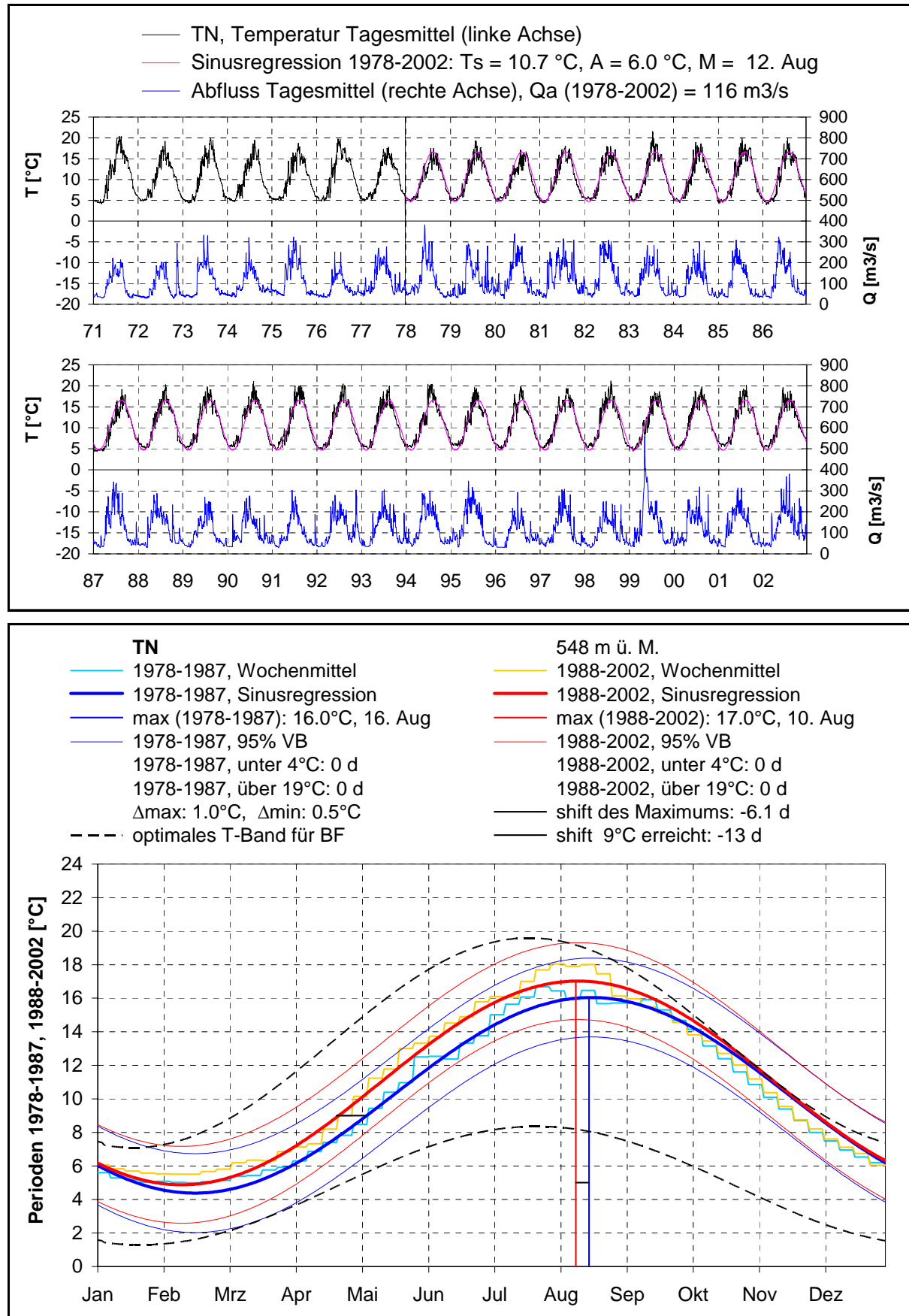


Abb. TN 2. Aare Thun: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

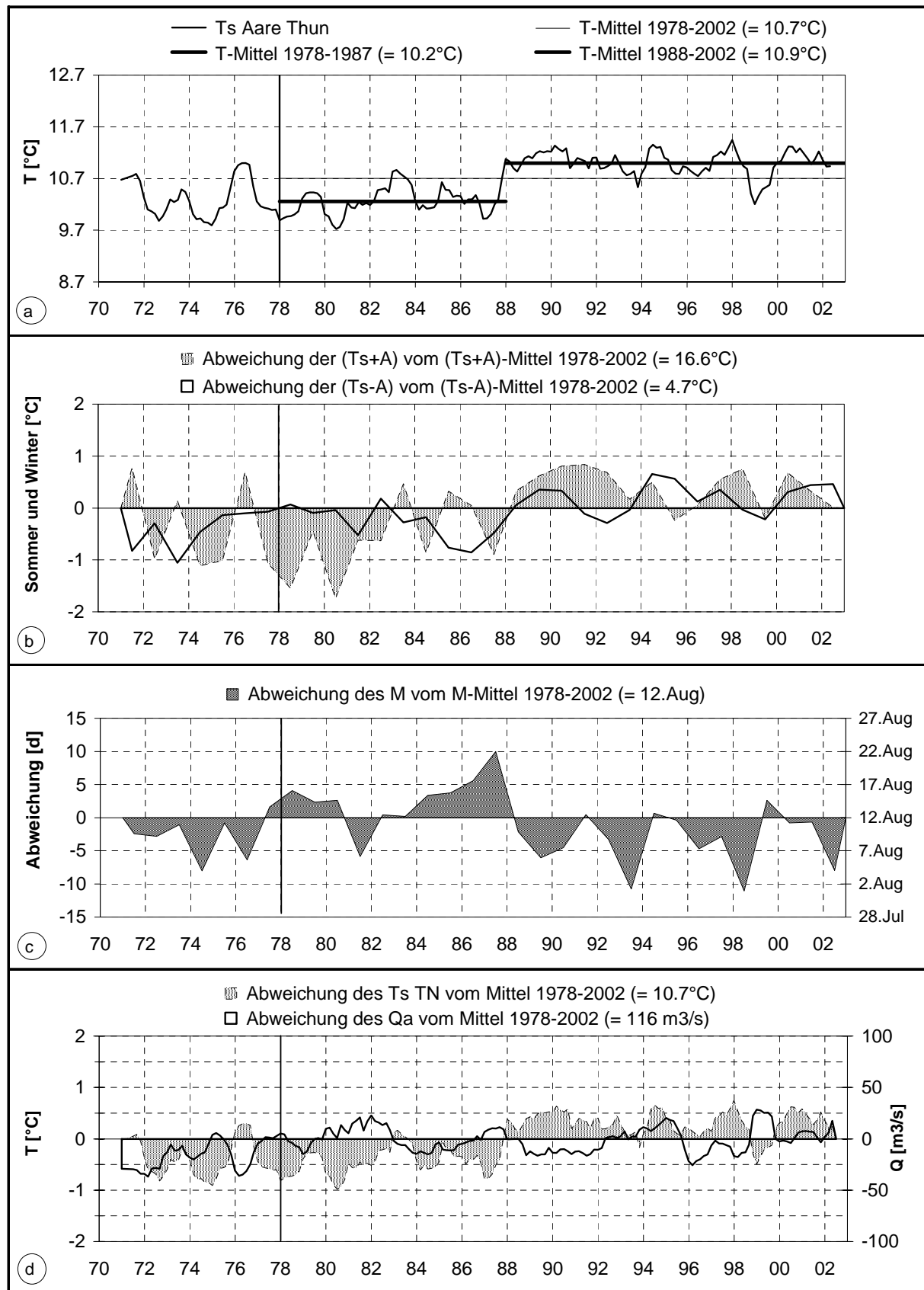


Abb. TN 3. Aare Thun: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.8 Aare Brienzwiler

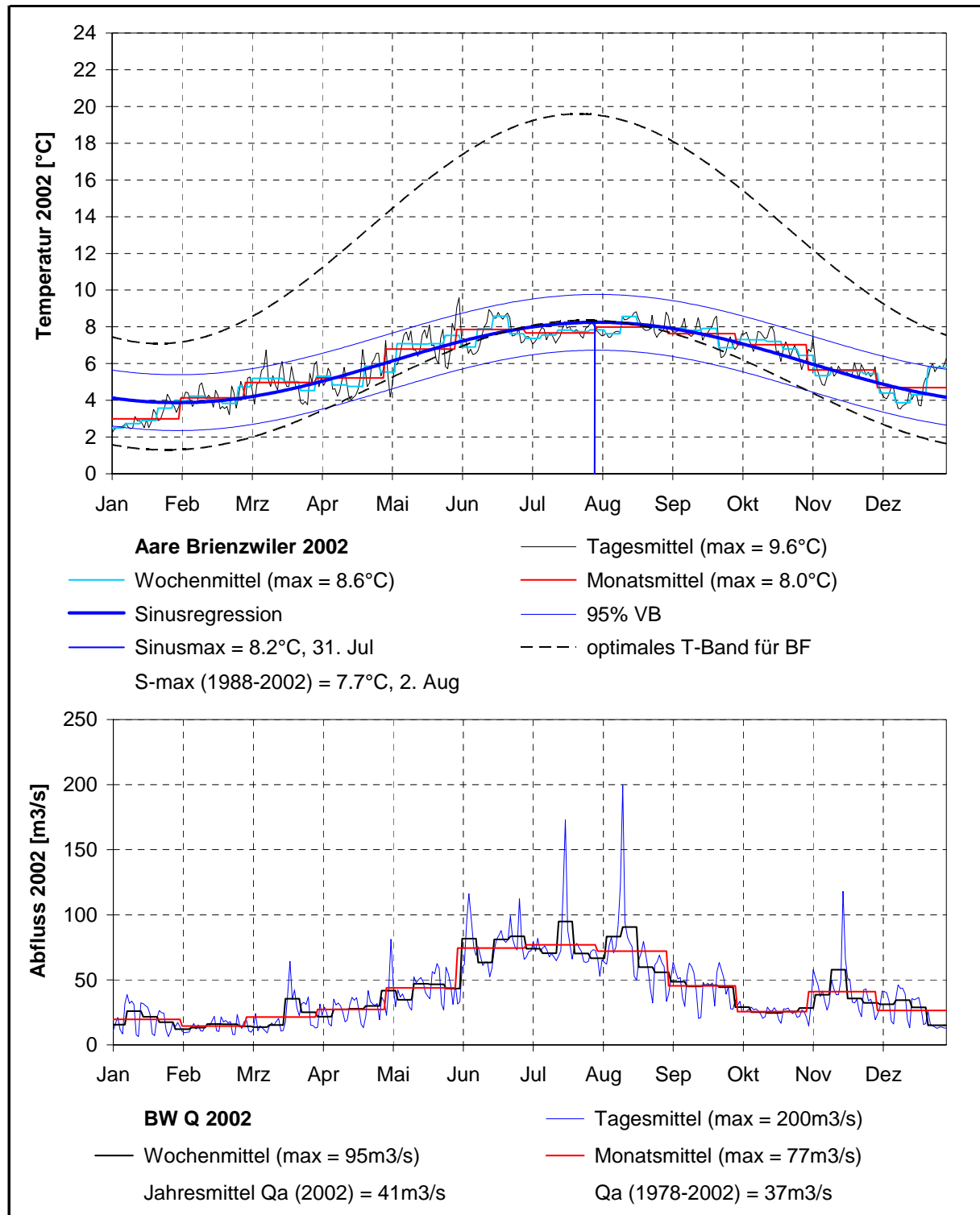


Abb. BW 1. Aare Brienzwiler: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

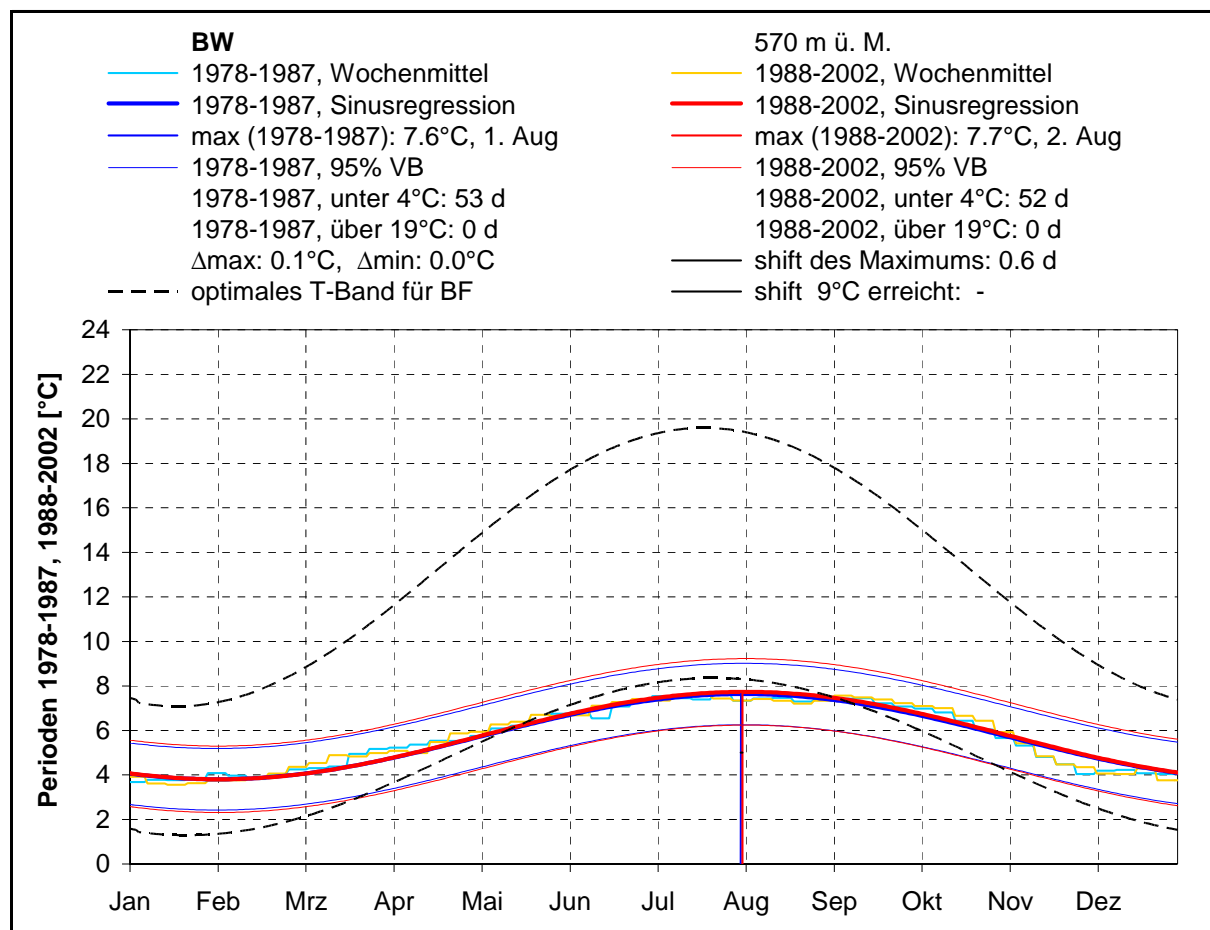
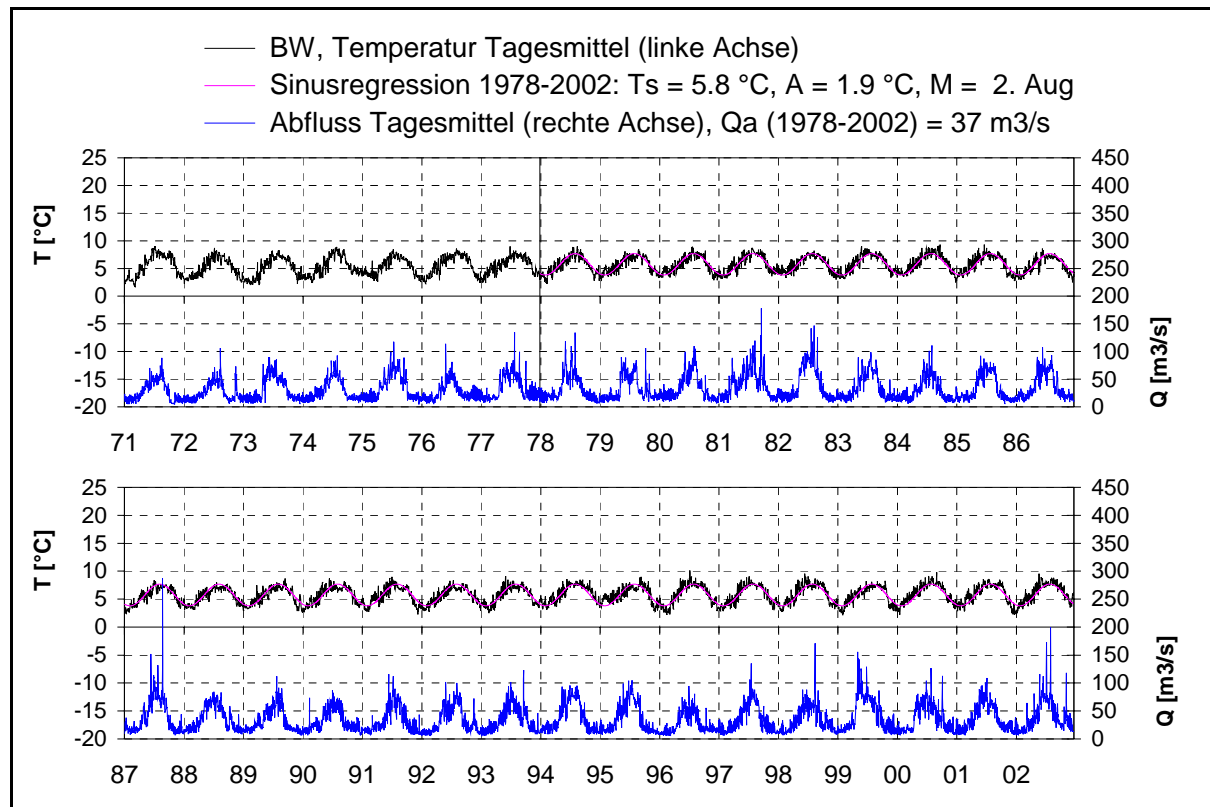


Abb. BW 2. Aare Brienzwiler: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

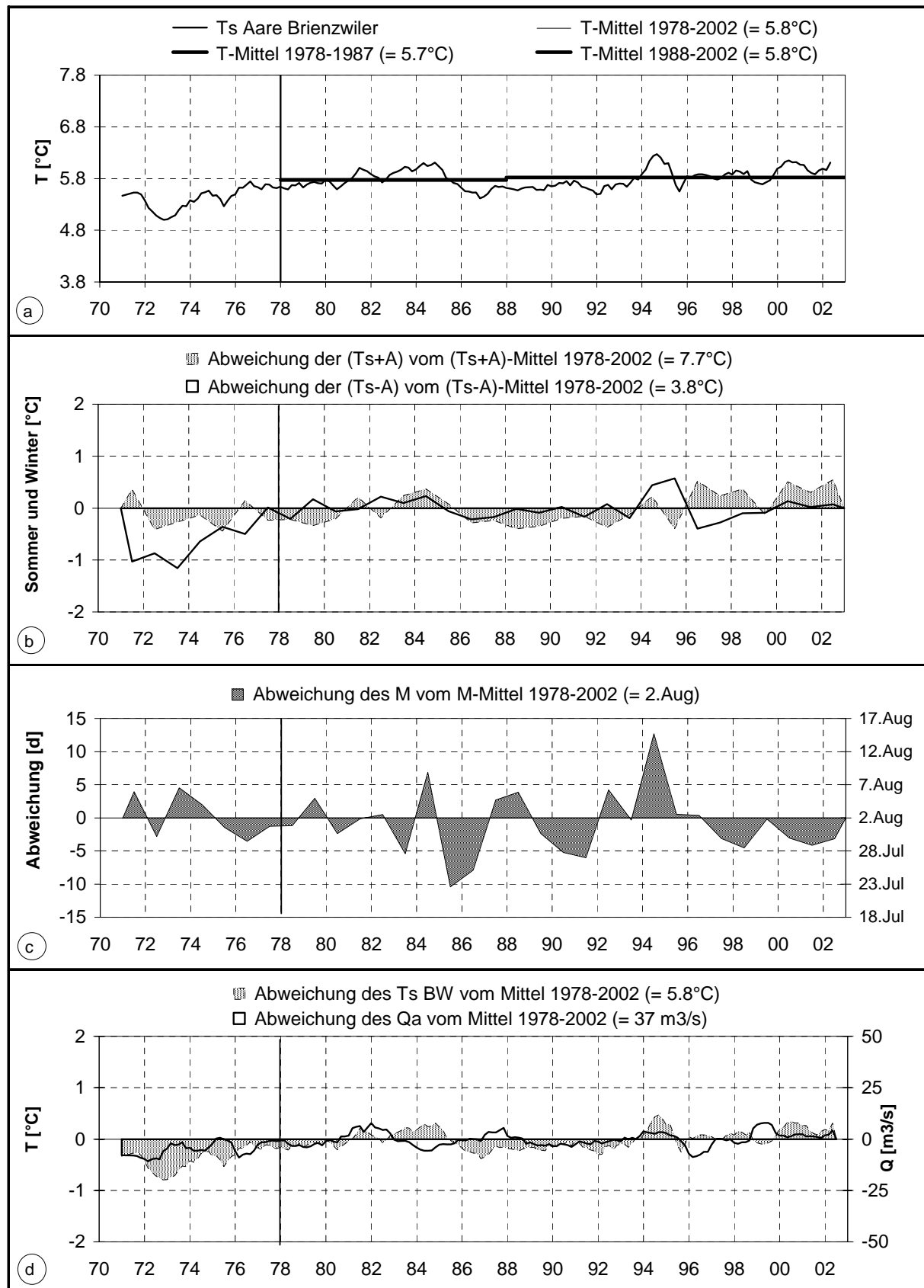


Abb. BW 3. Aare Brienzwiler: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.9 Birs Münchenstein

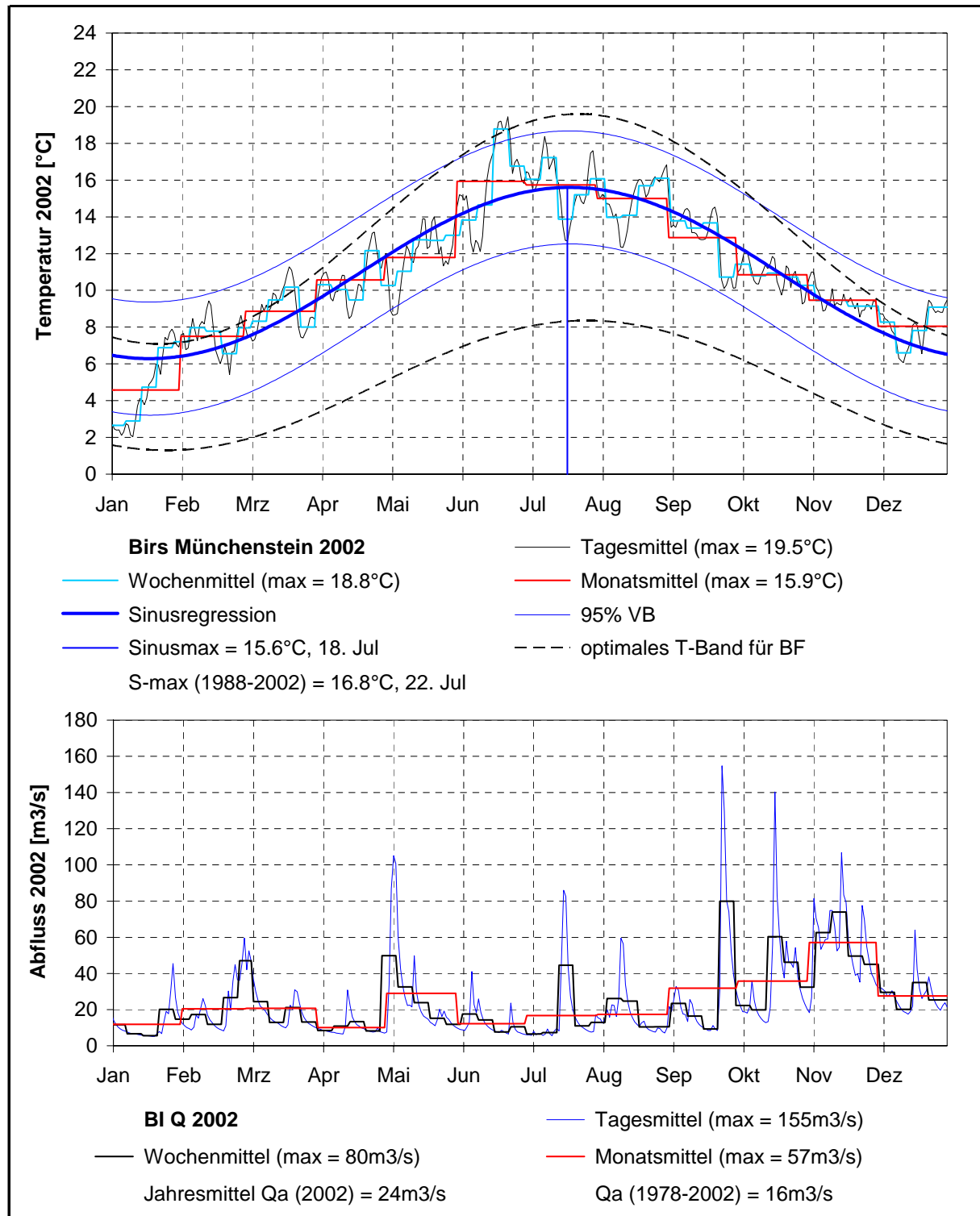


Abb. BI 1. Birs Münchenstein: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

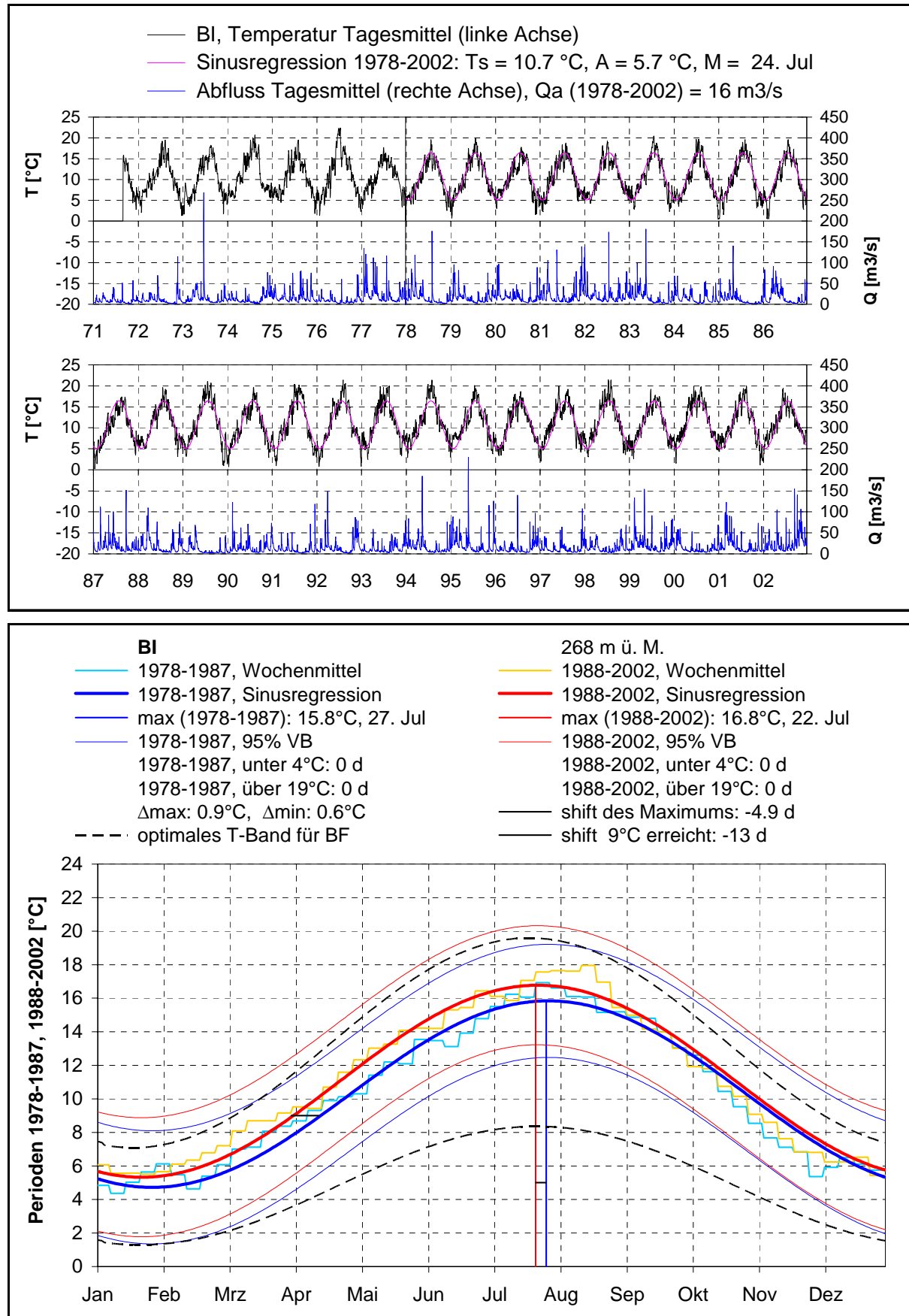


Abb. BI 2. Birs Münchenstein: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

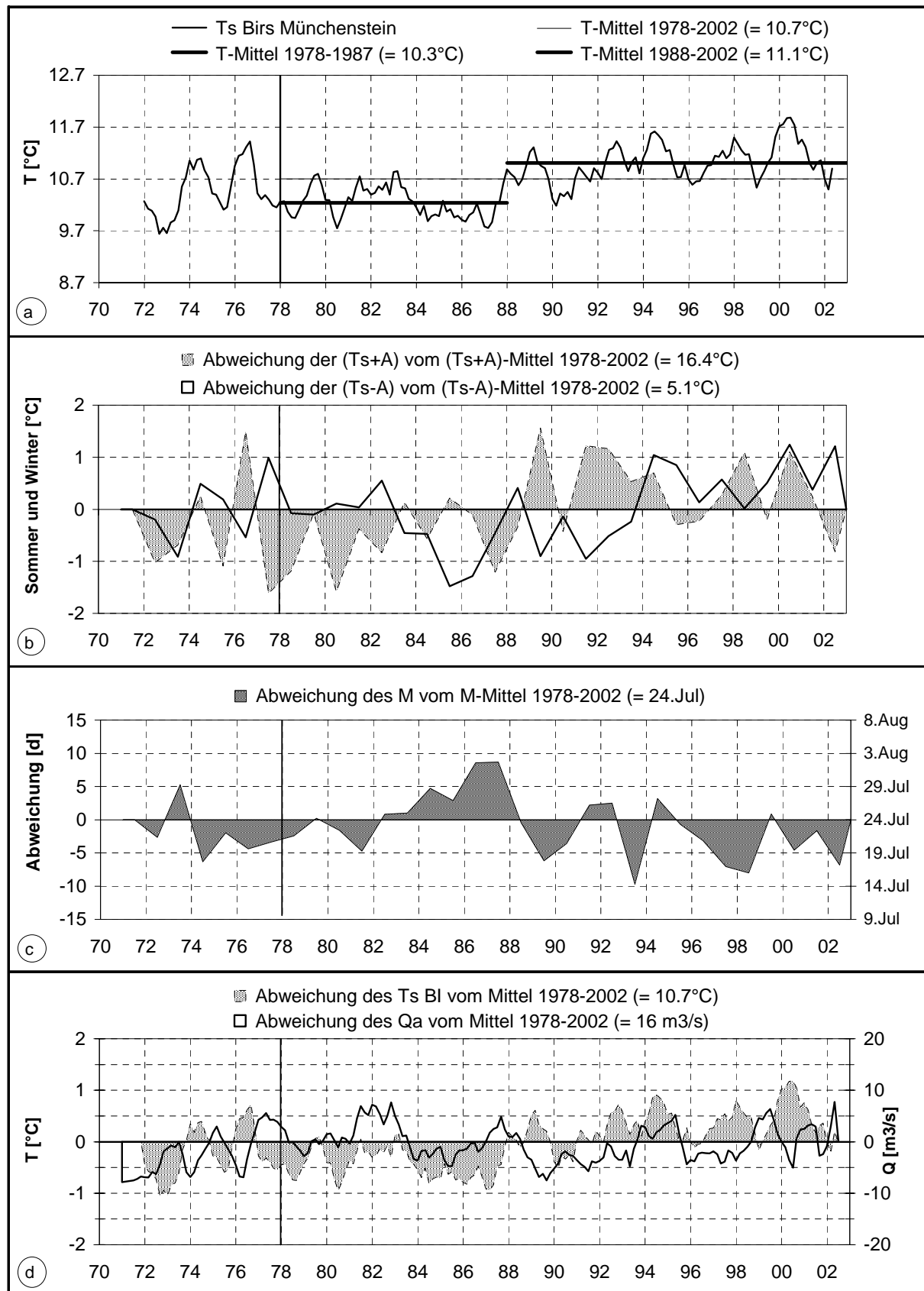


Abb. BI 3. Birns Münchenstein: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.10 Rhein Rheinfelden

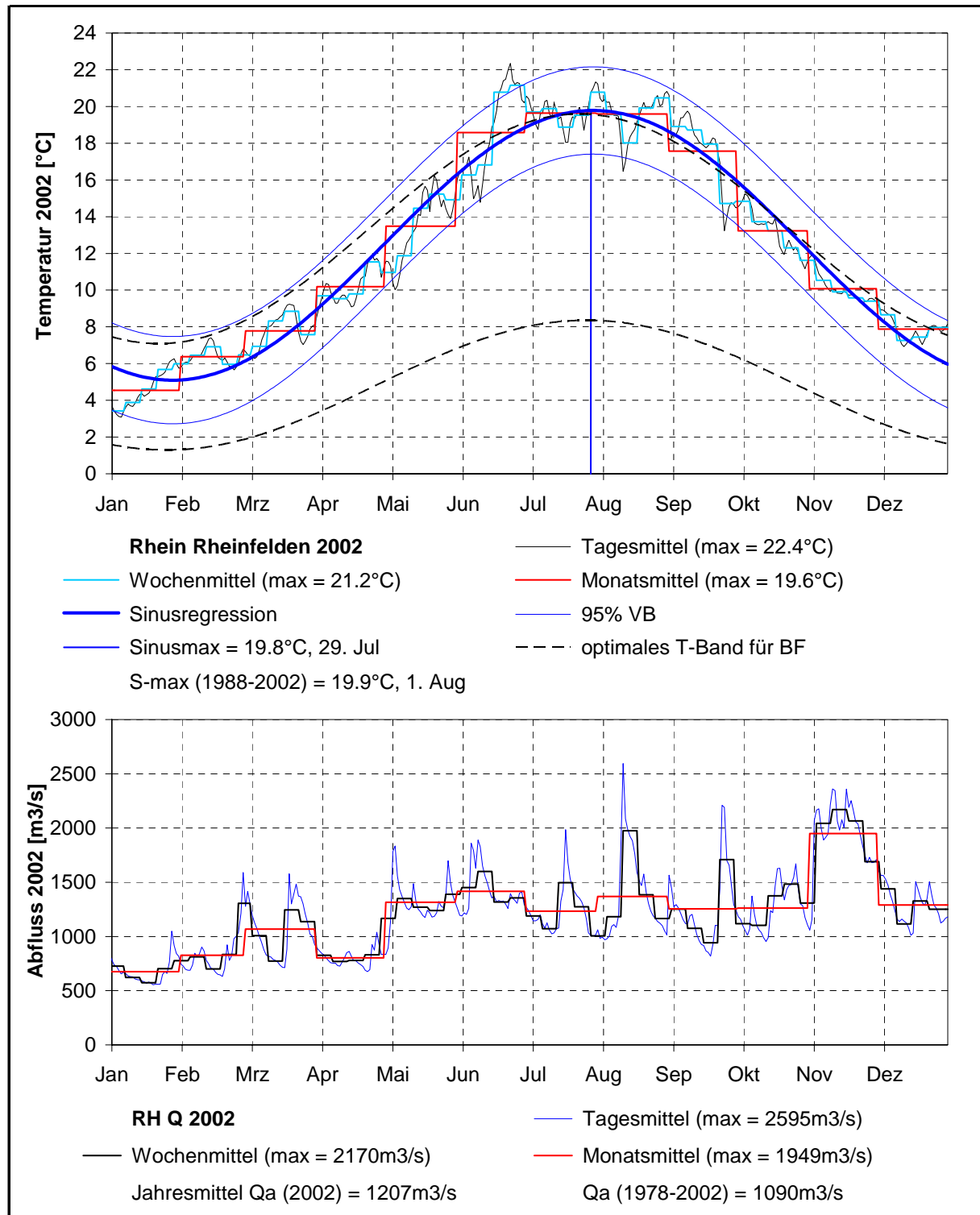


Abb. RH 1. Rhein Rheinfelden: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

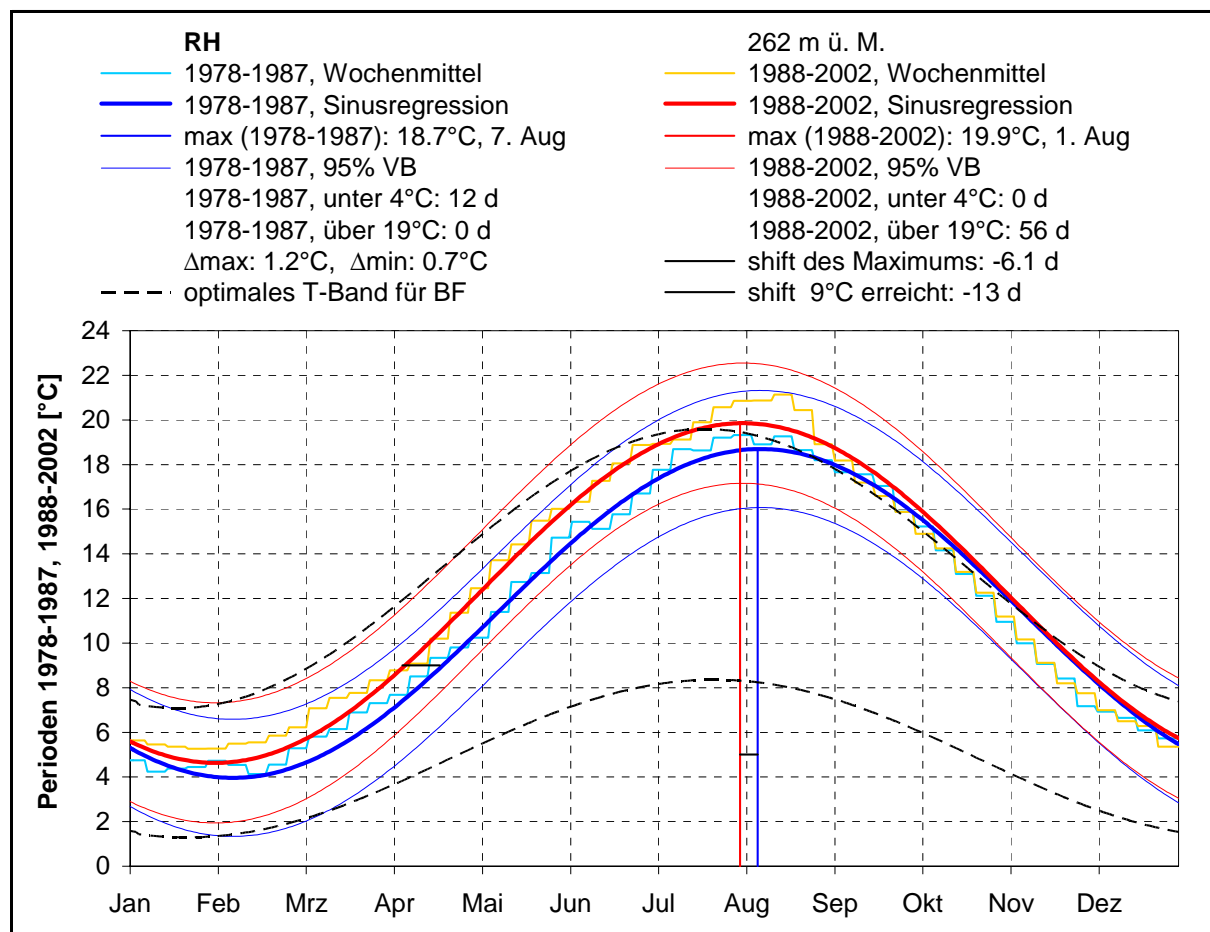
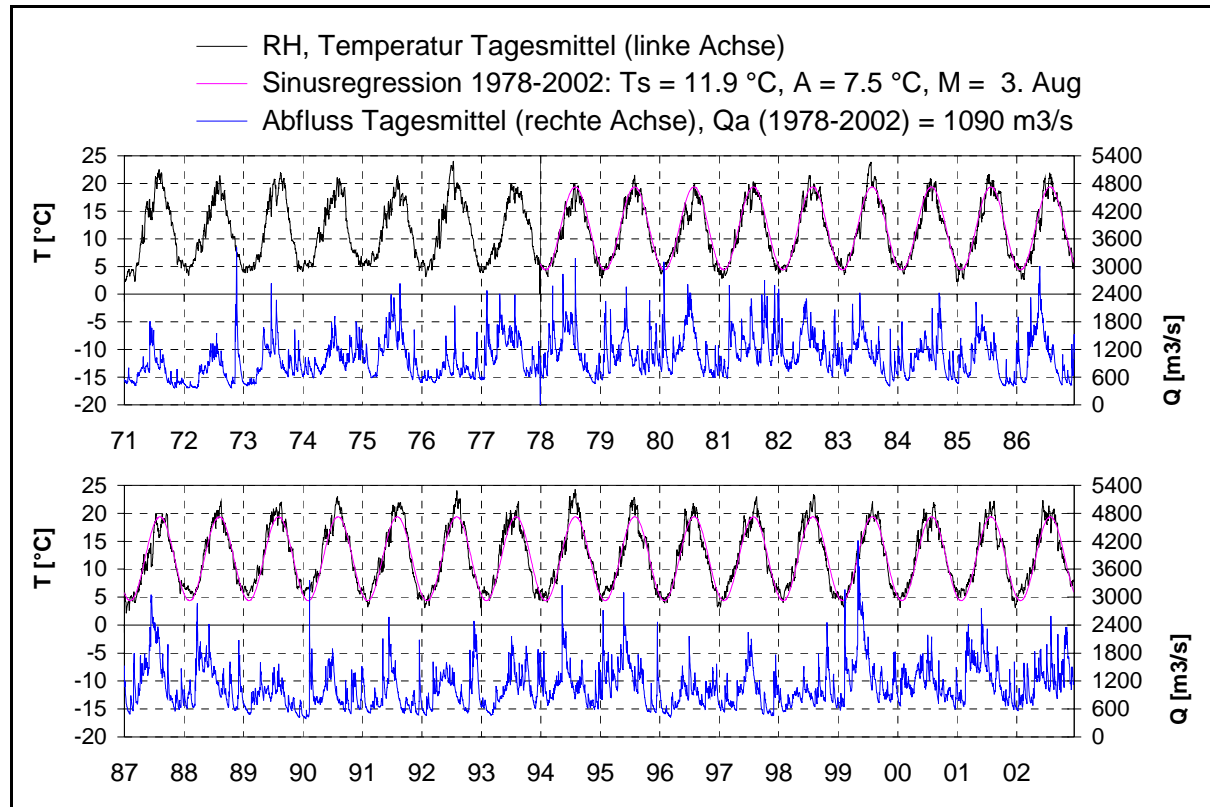


Abb. RH 2. Rhein Rheinfeldens: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

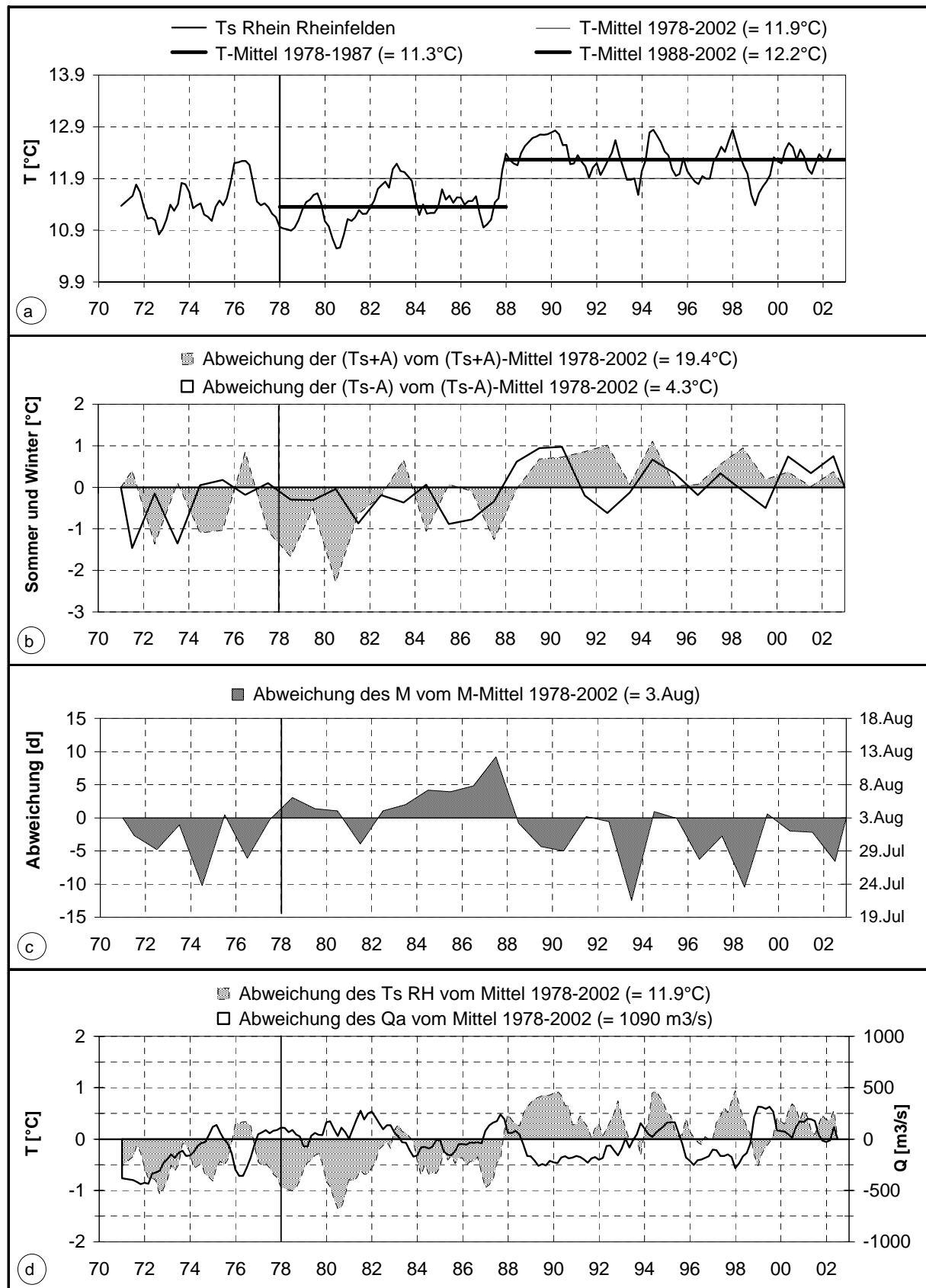


Abb. RH 3. Rhein Rheinfelden: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.11 Rhein Rekingen

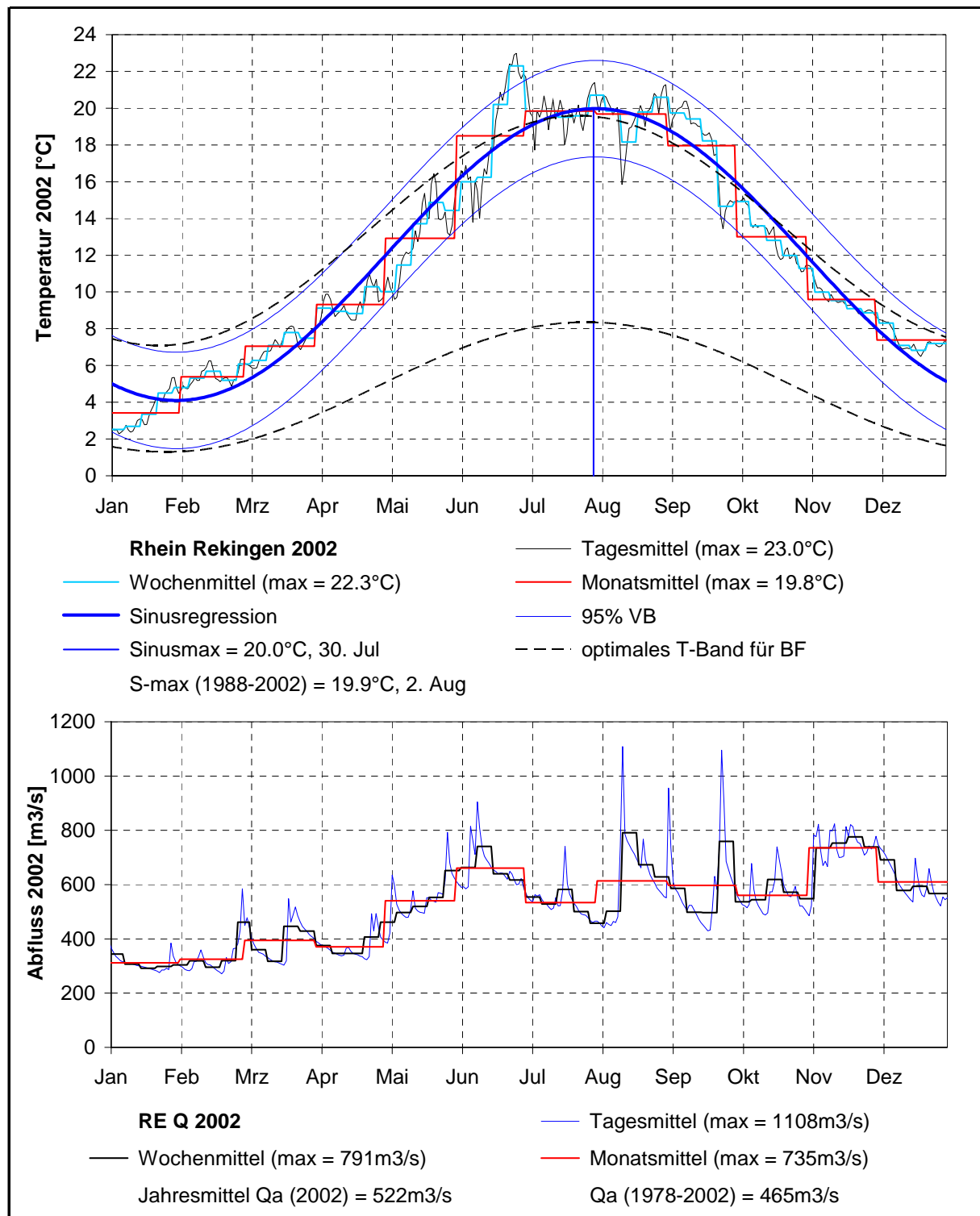


Abb. RE 1. Rhein Rekingen: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

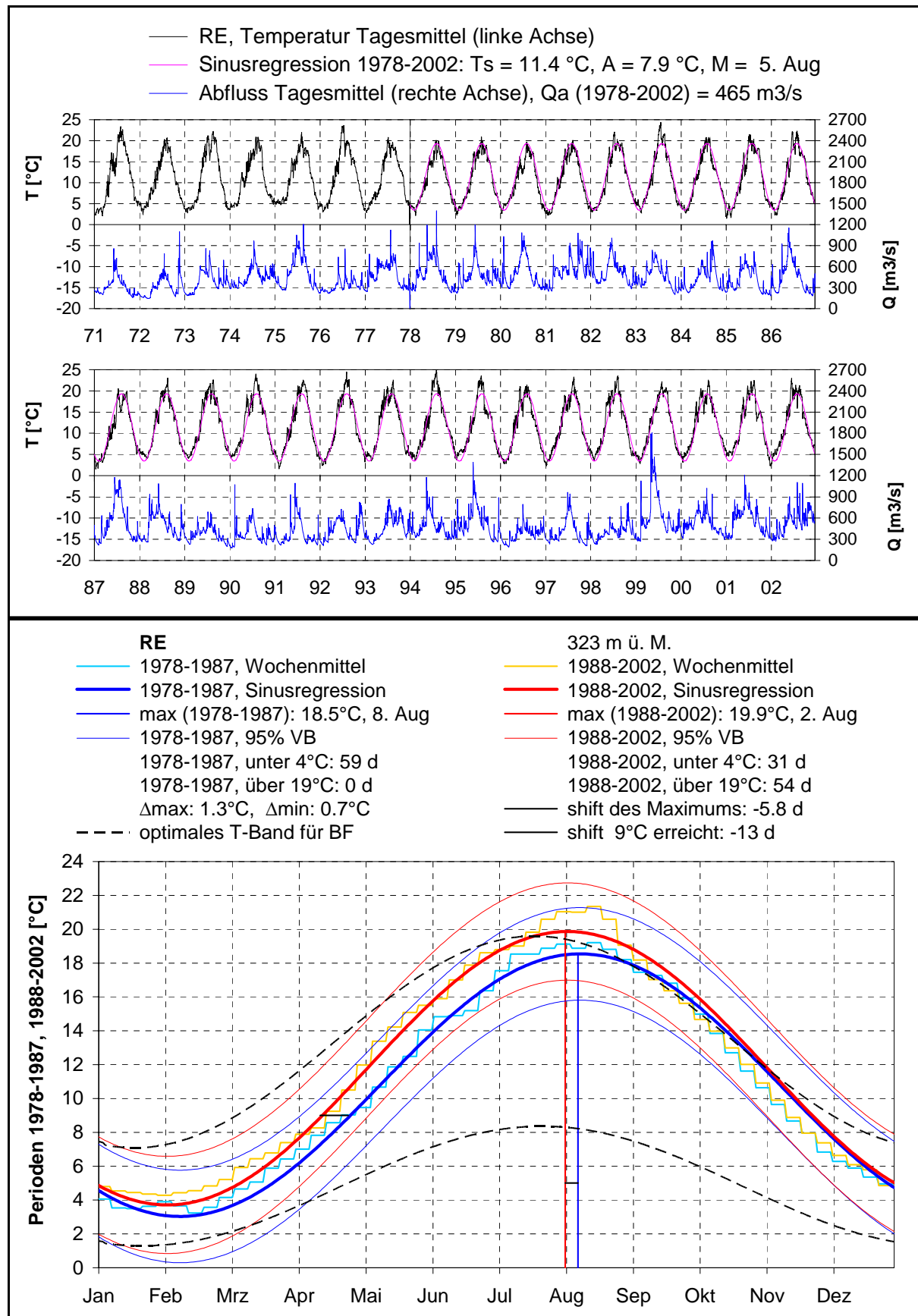


Abb. RE 2. Rhein Rekingen: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

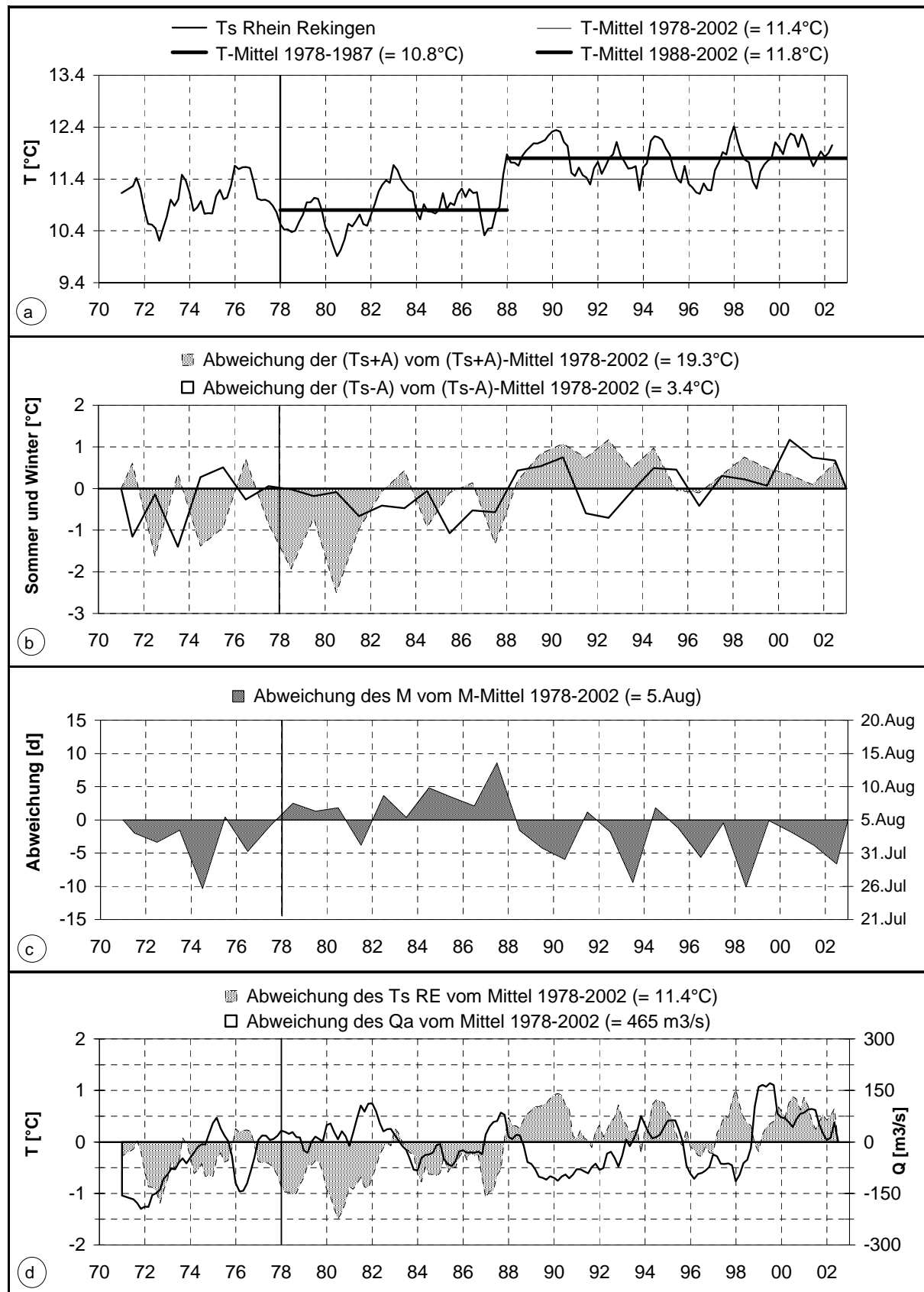


Abb. RE 3. Rhein Rekingen: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.12 Thur Andelfingen

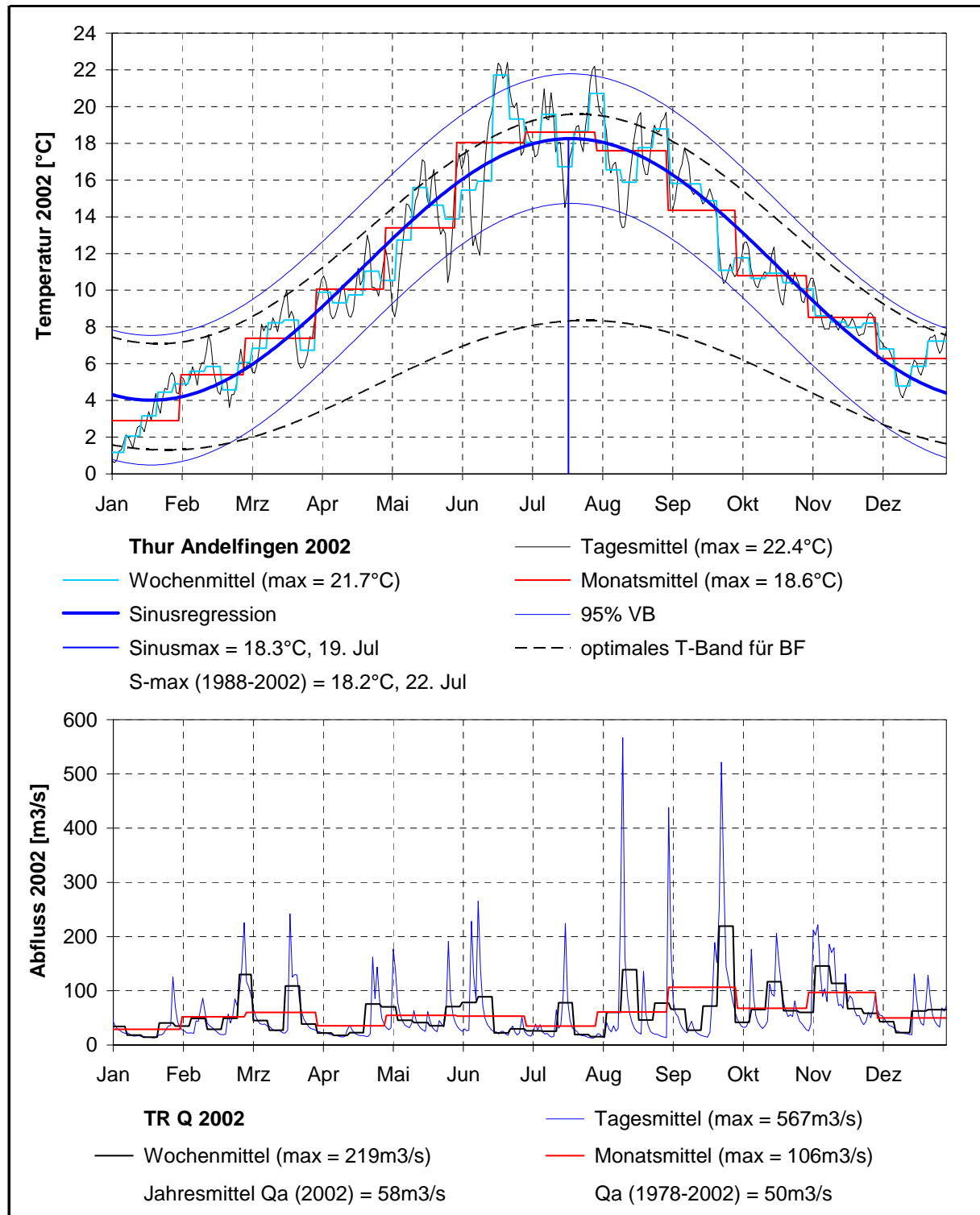


Abb. TR 1. Thur Andelfingen: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

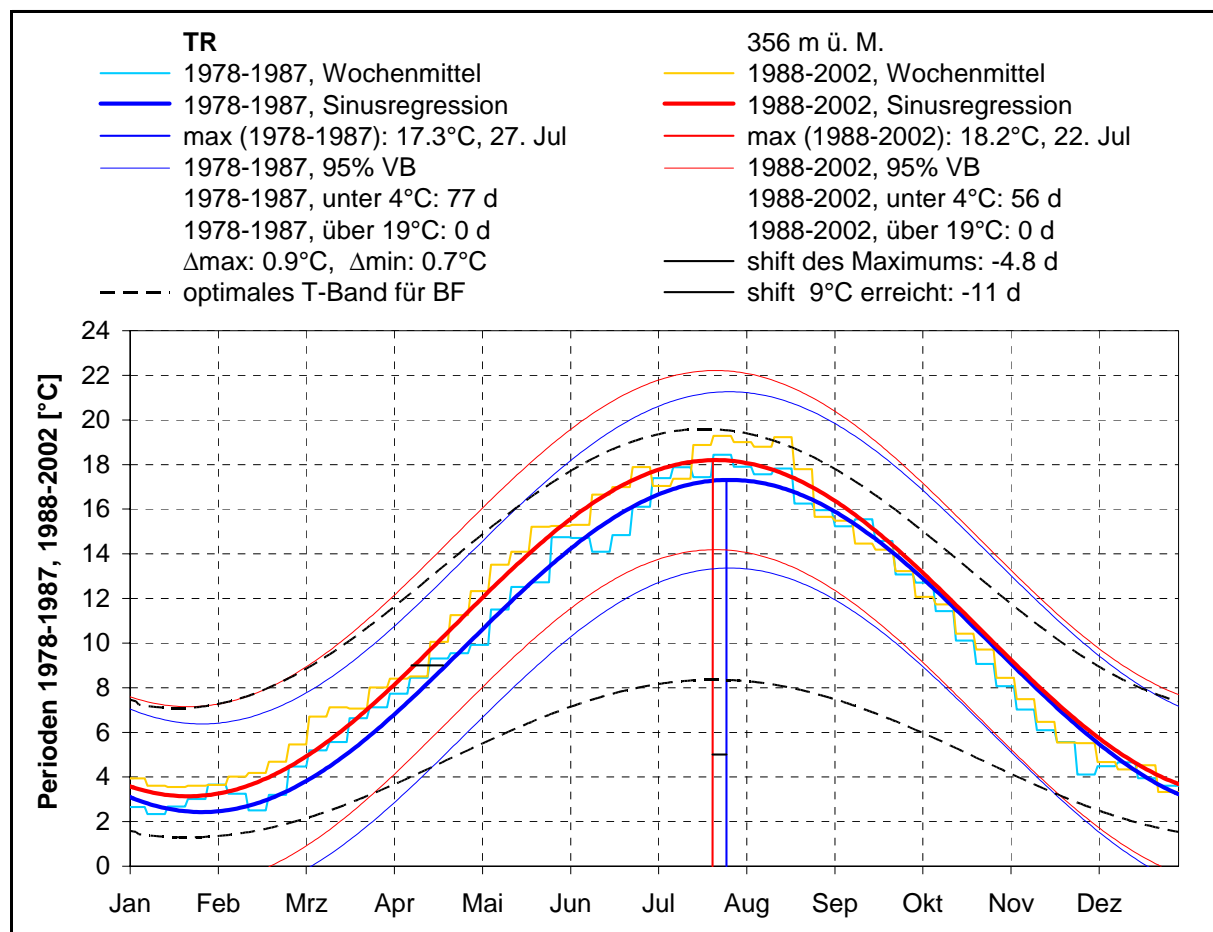
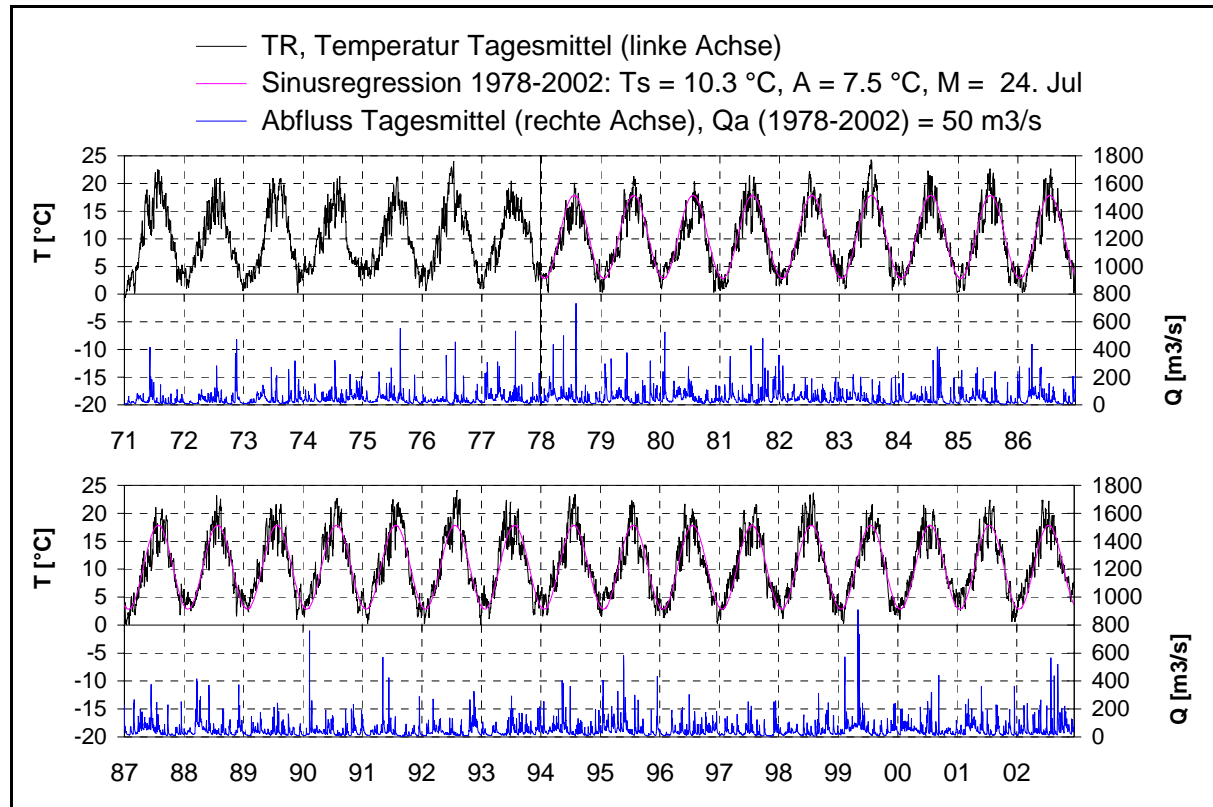


Abb. TR 2. Thur Andelfingen: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

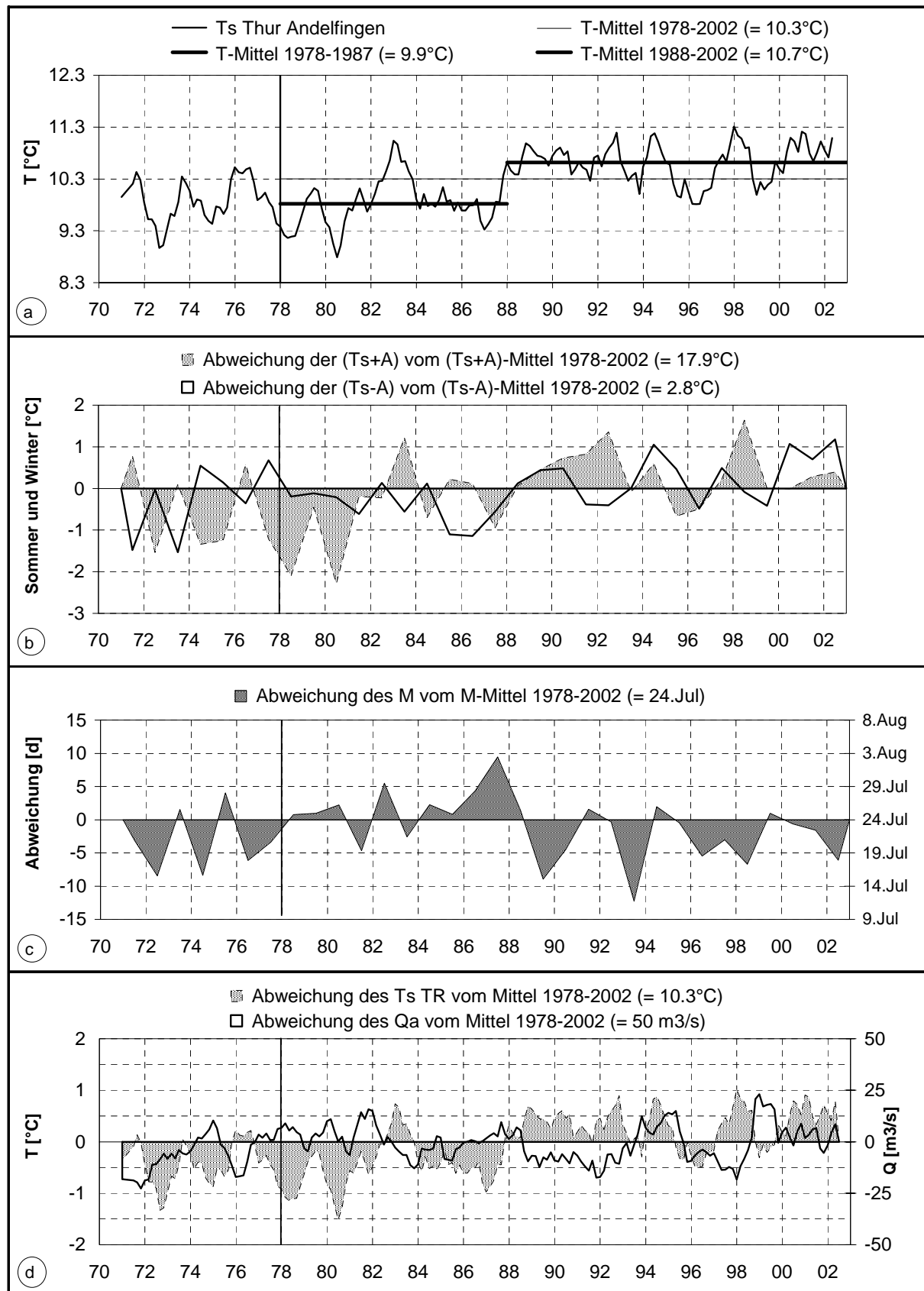


Abb. TR 3. Thur Andelfingen: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.13 Rhein vor dem Bodensee

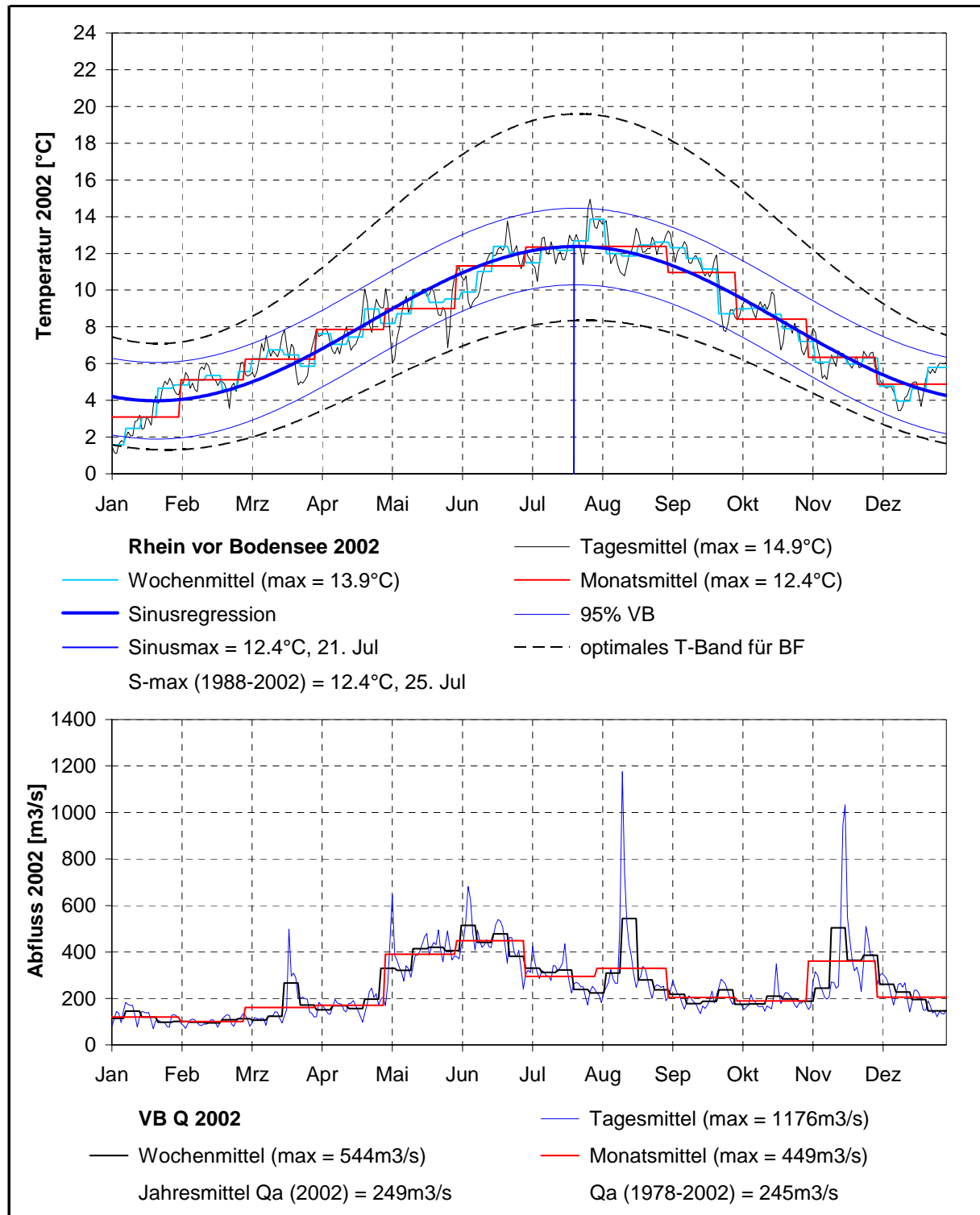


Abb. VB 1. Rhein vor dem Bodensee: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

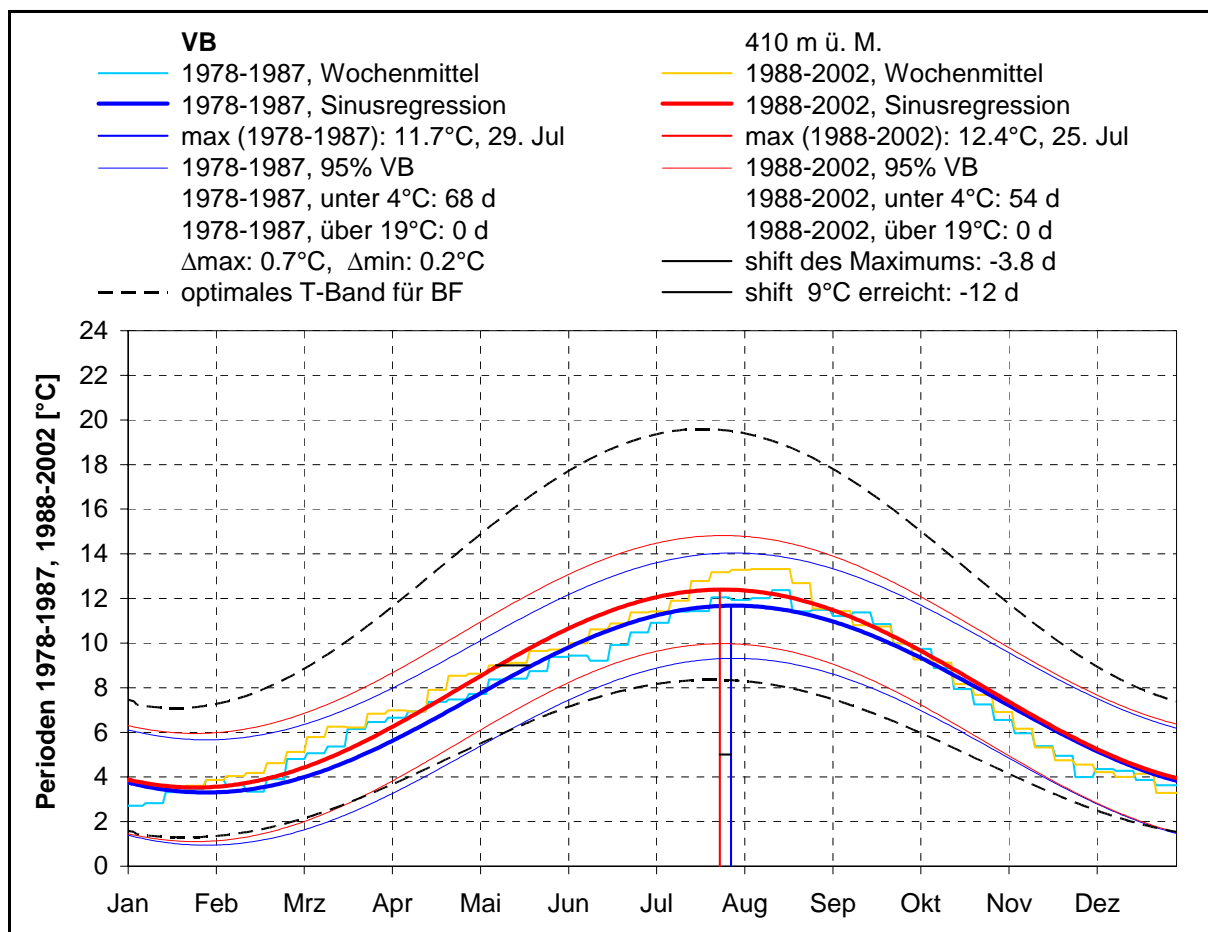
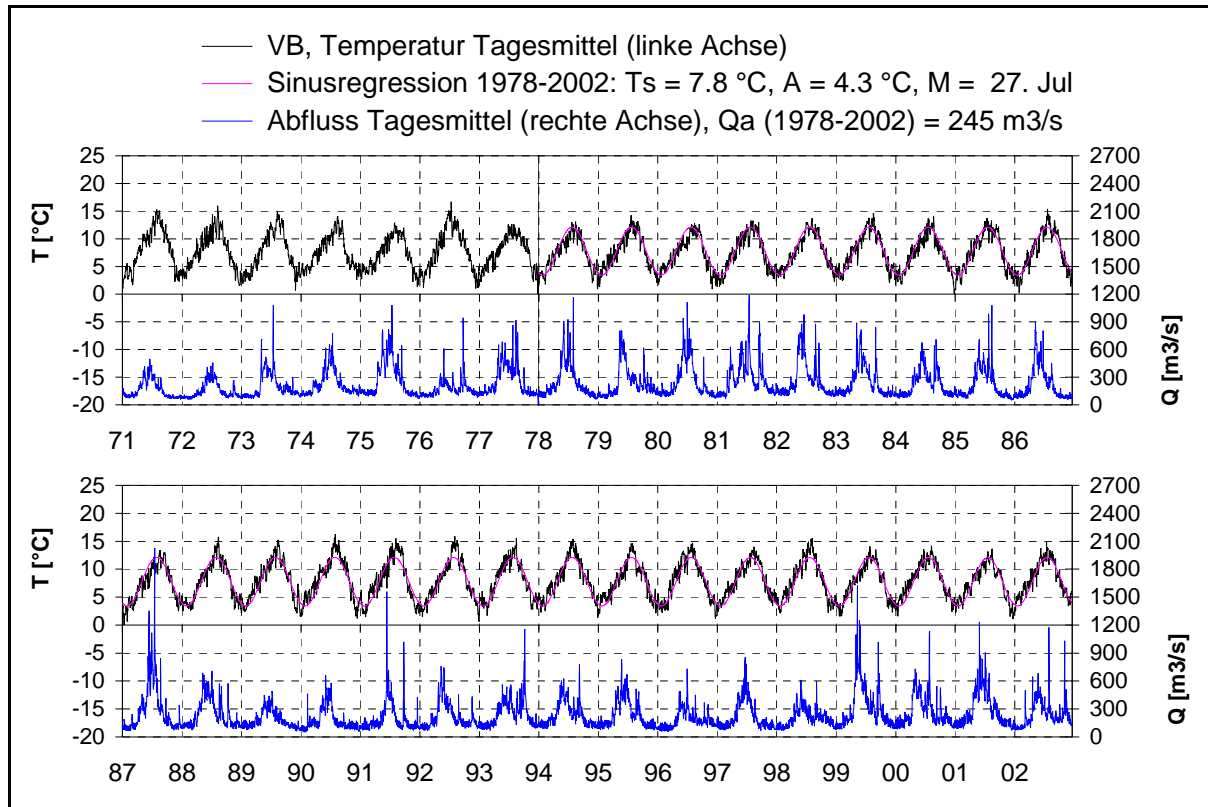


Abb. VB 2. Rhein vor dem Bodensee: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

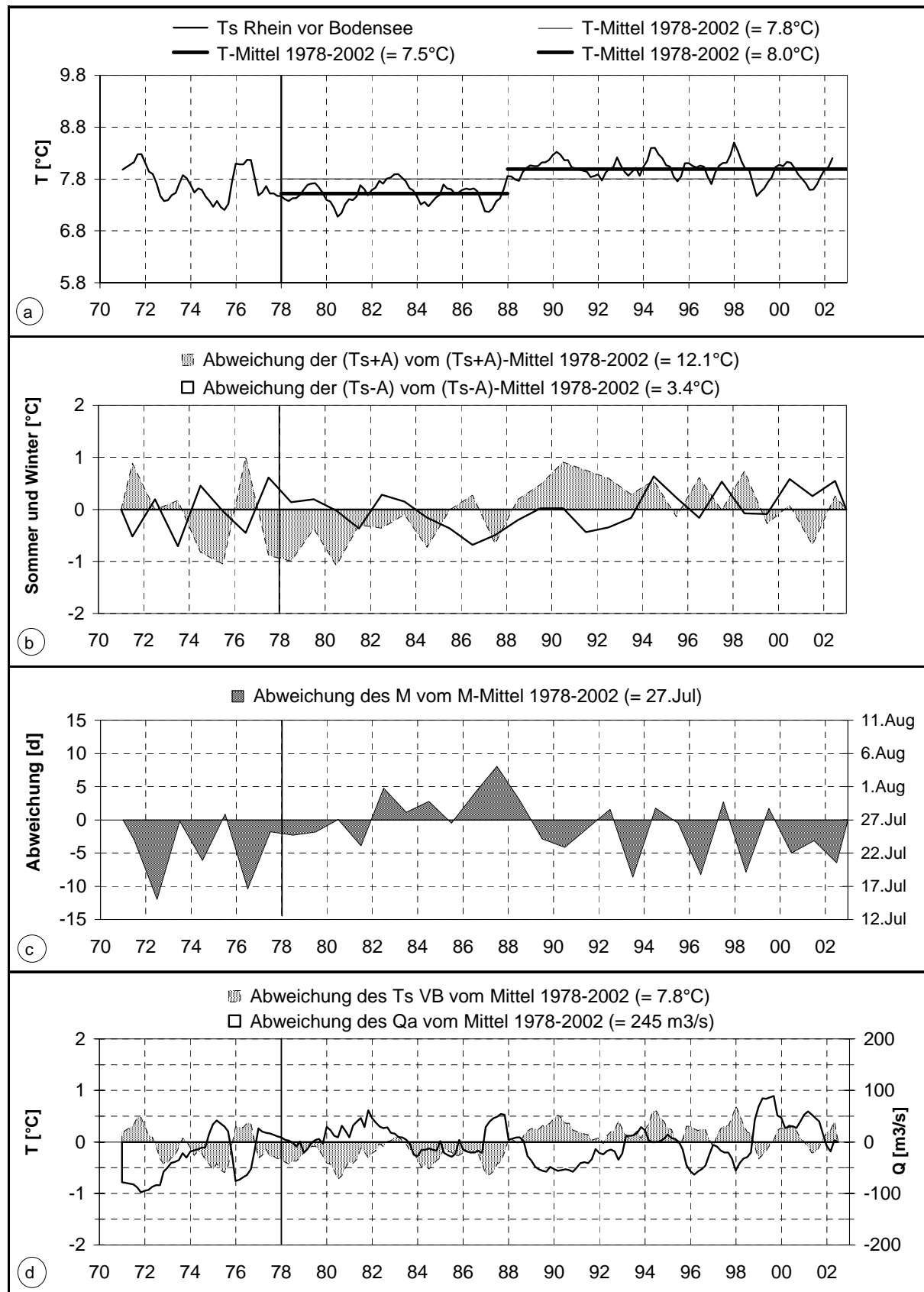


Abb. VB 3. Rhein vor dem Bodensee: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.14 Limmat Baden

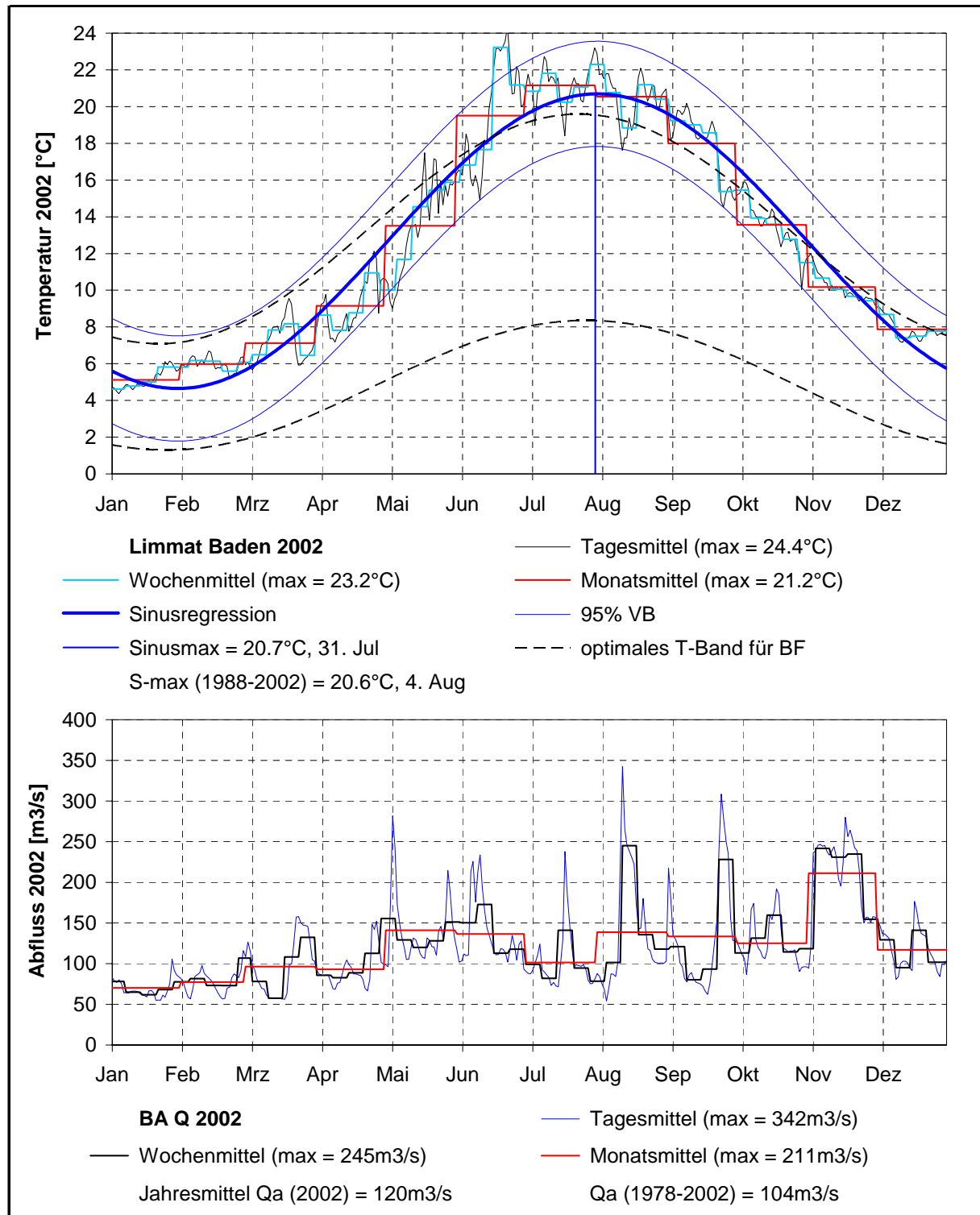


Abb. BA 1. Limmat Baden: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

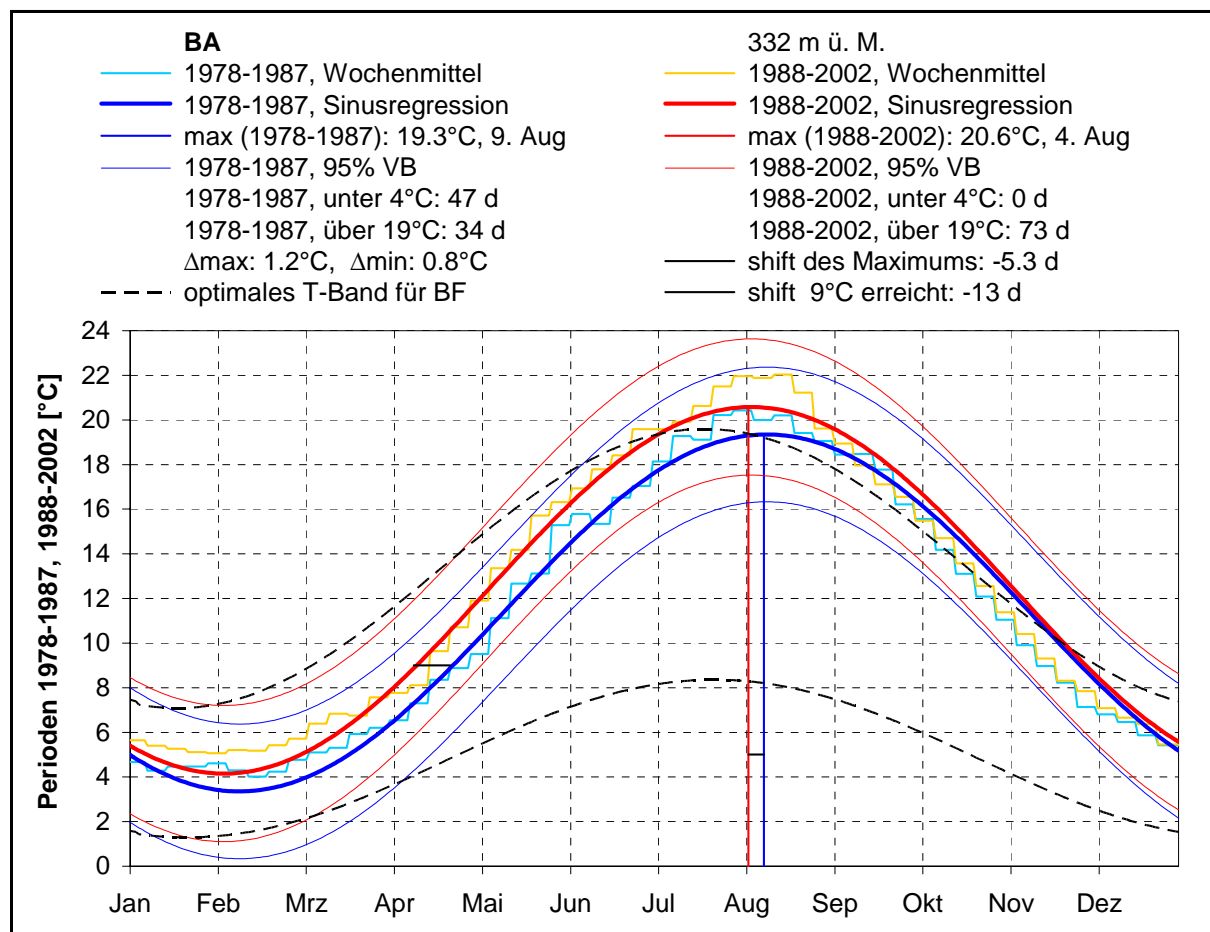
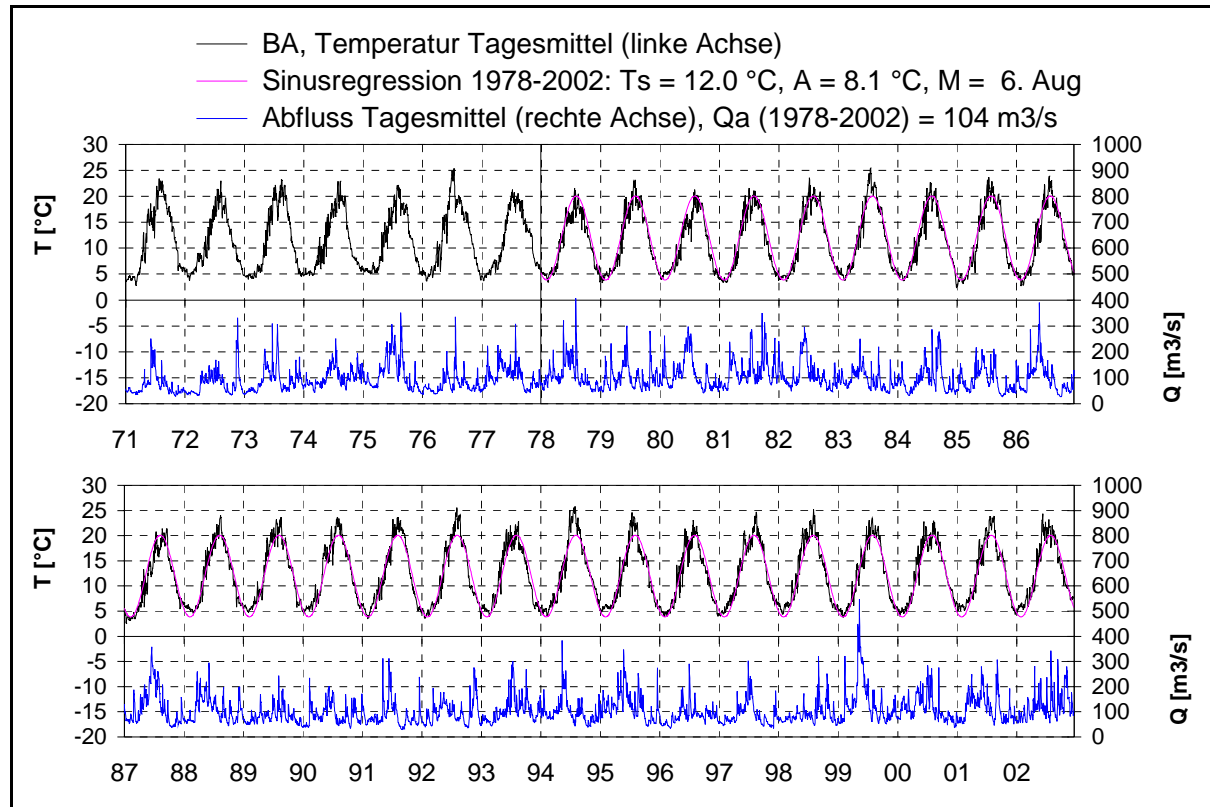


Abb. BA 2. Limmat Baden: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

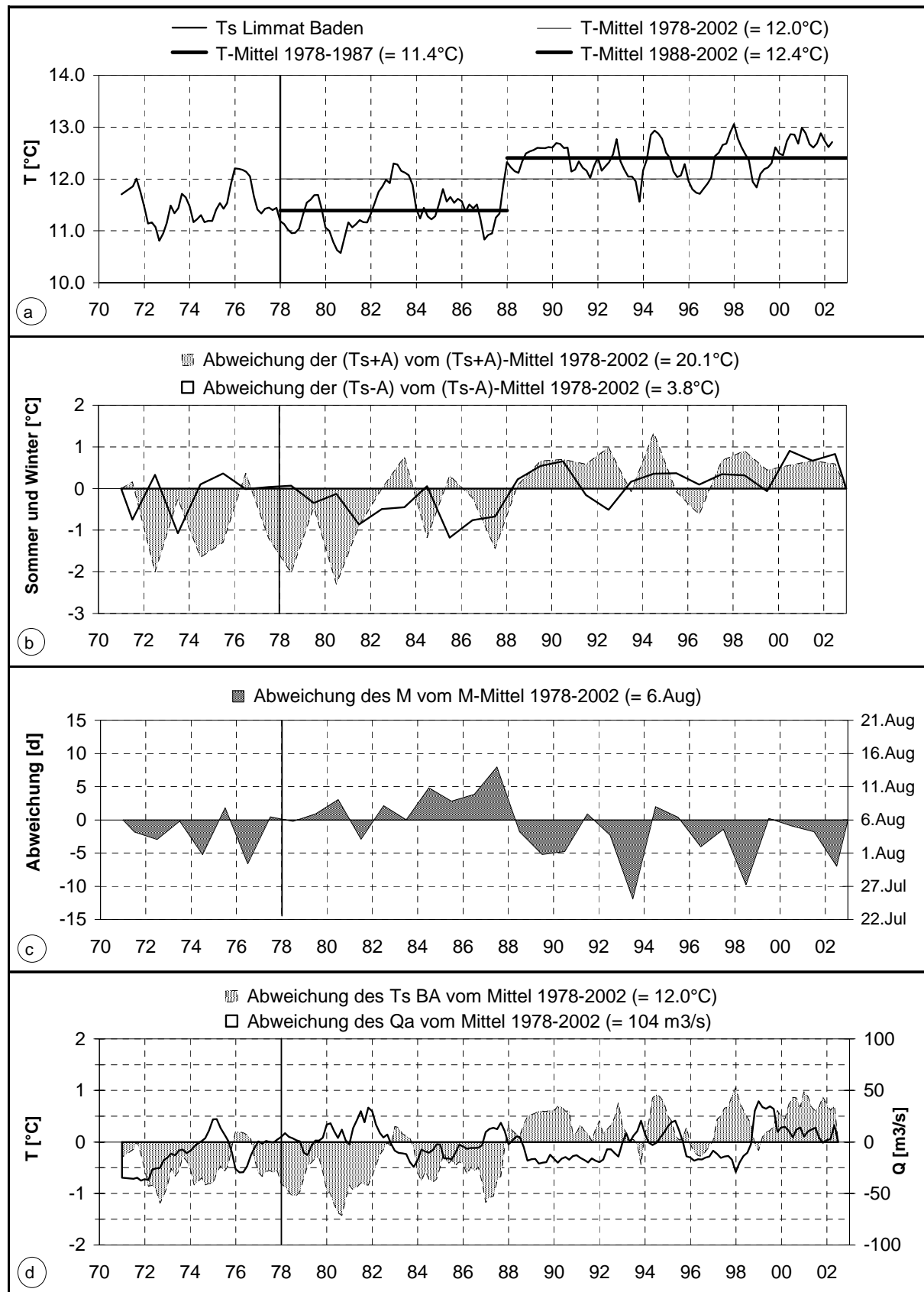


Abb. BA 3. Limmat Baden: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.15 Linth Weesen

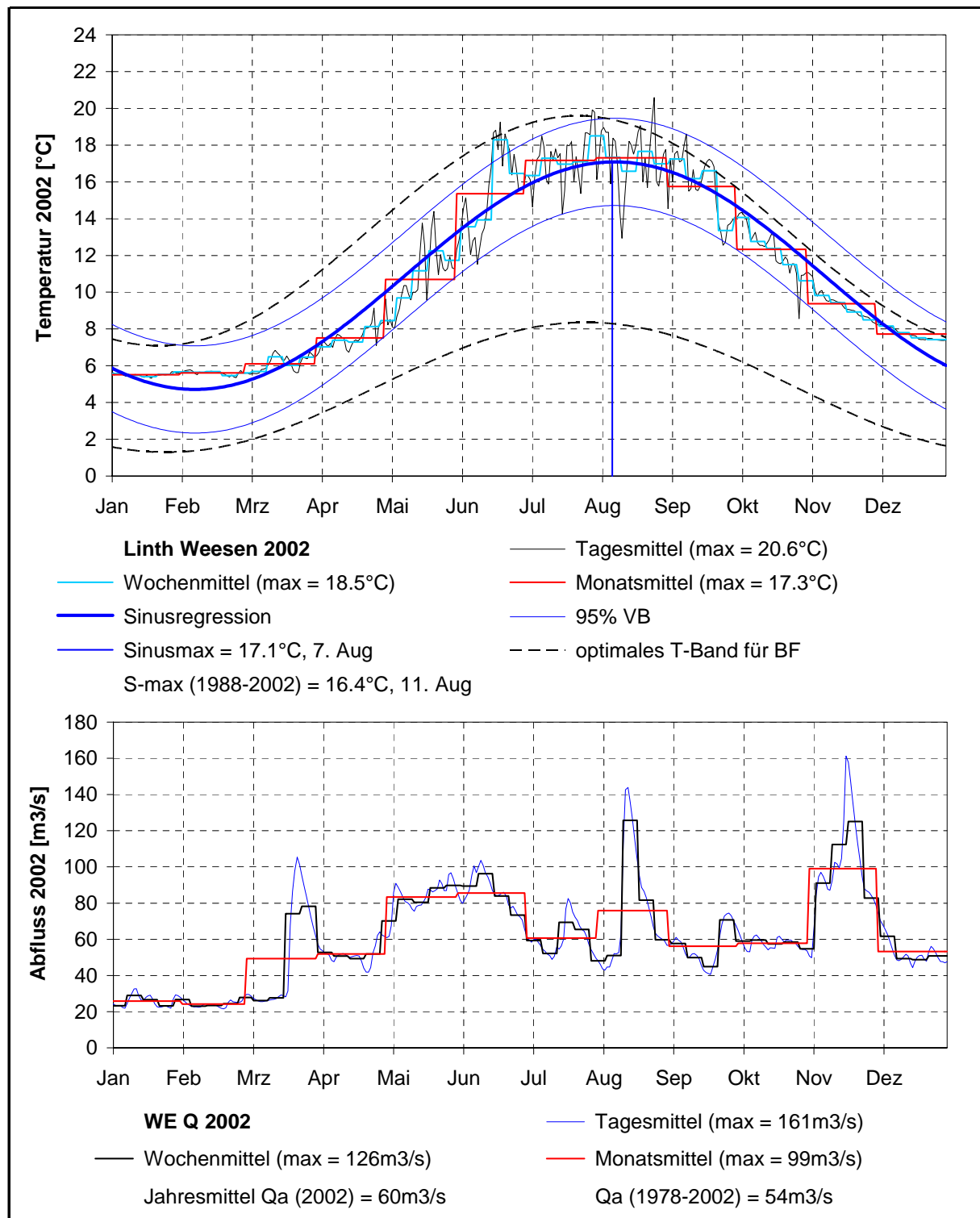


Abb. WE 1. Linth Weesen: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

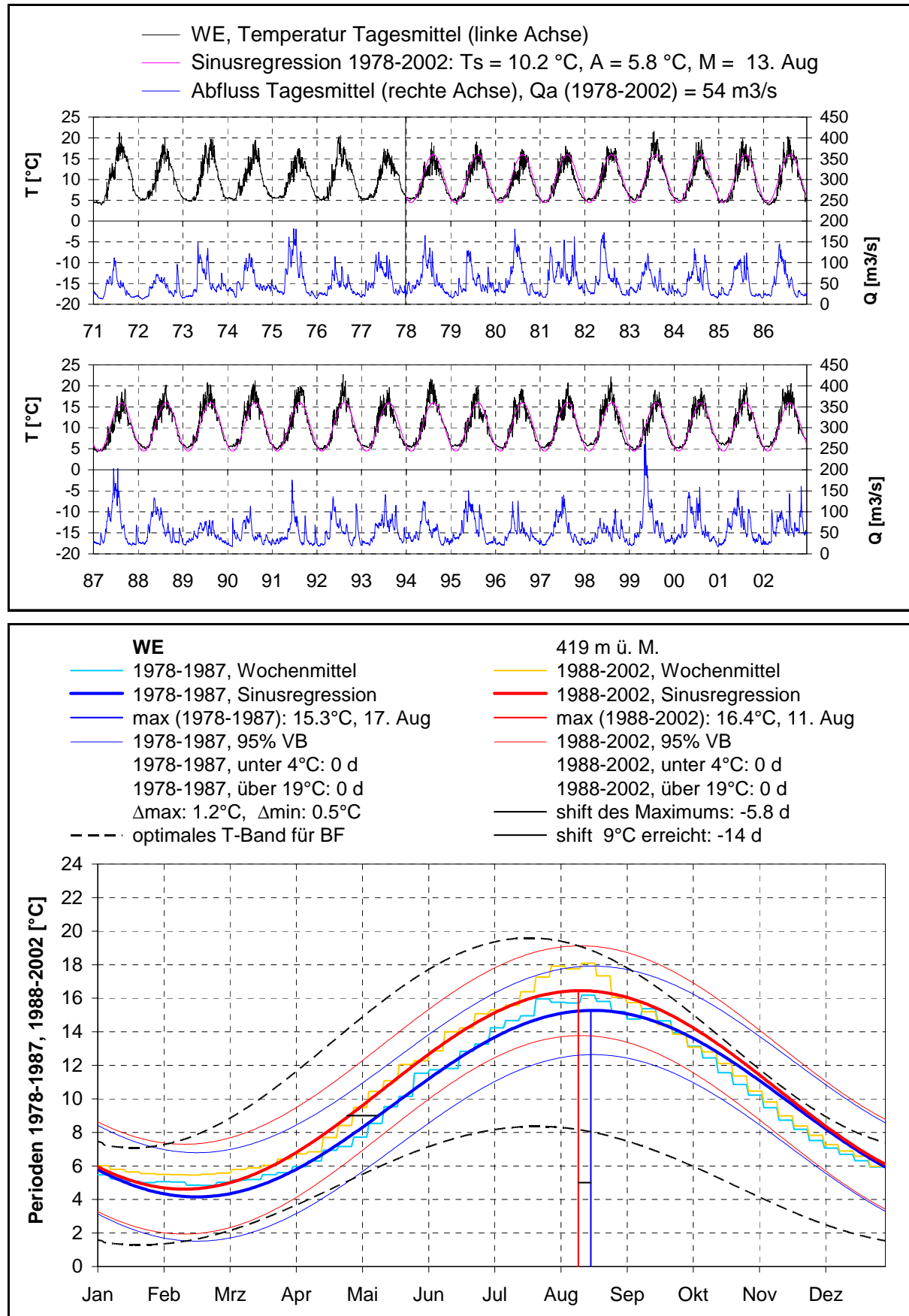


Abb. WE 2. Linth Weesen: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

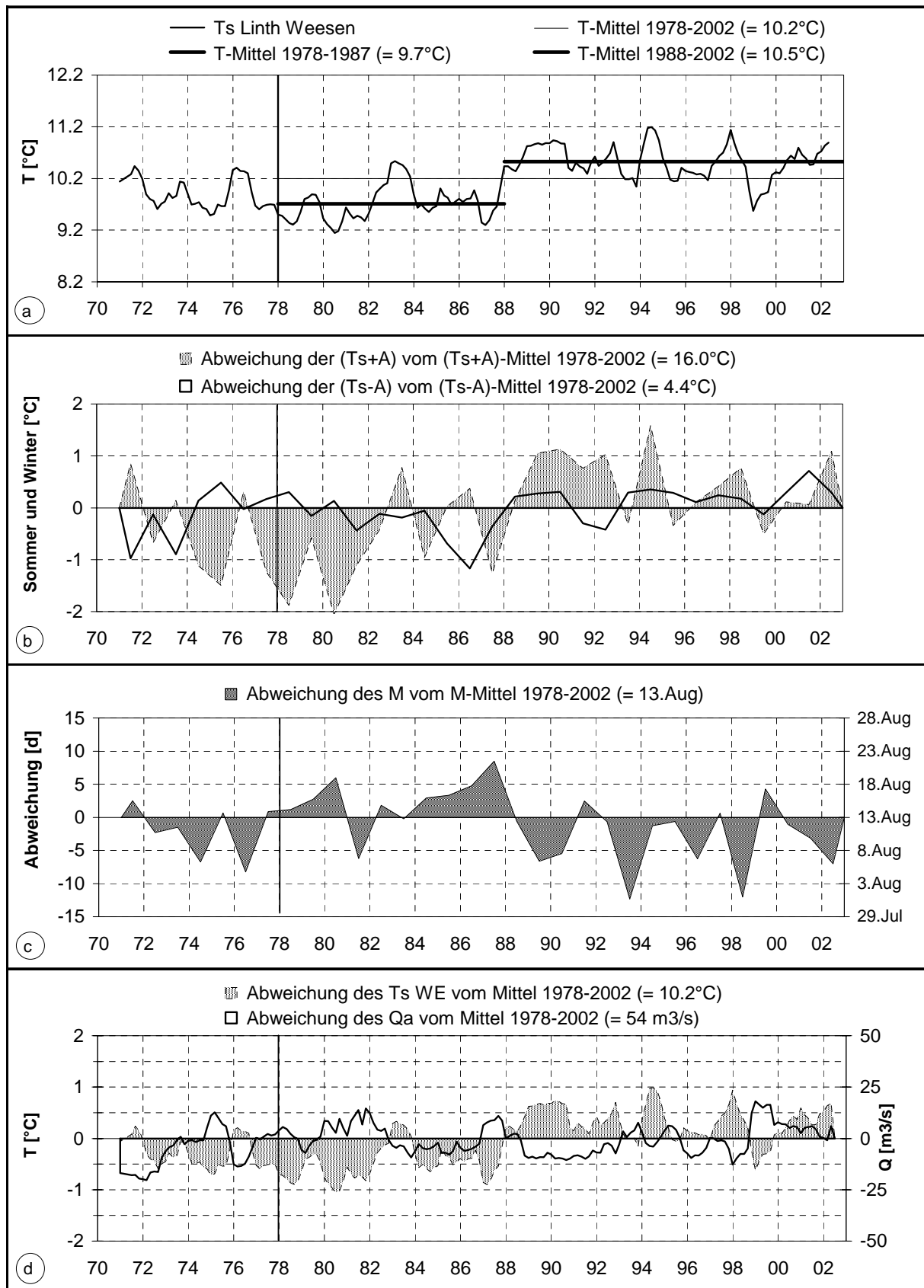


Abb. WE 3. Linth Weesen: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.16 Linth Mollis

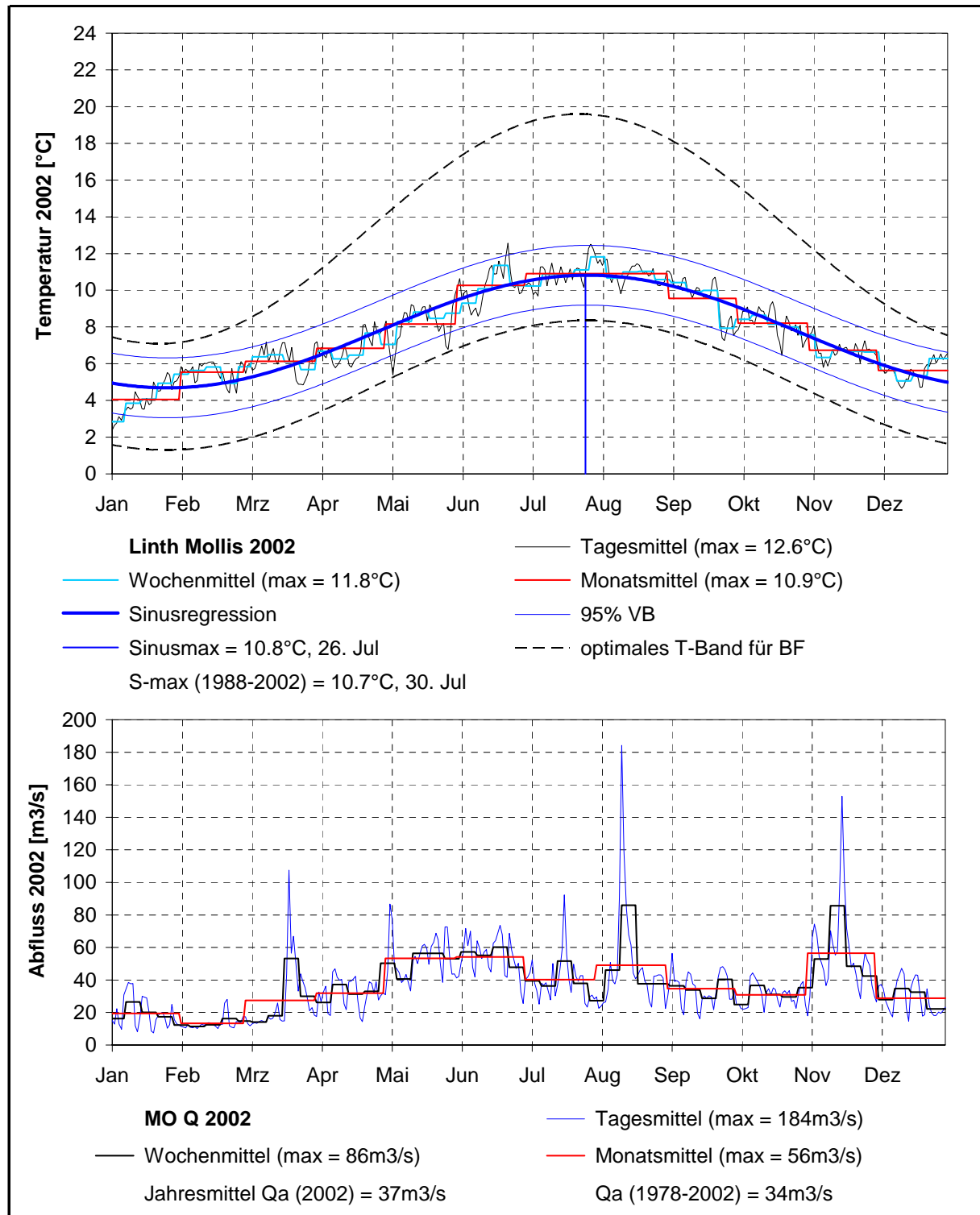


Abb. MO 1. Linth Mollis: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

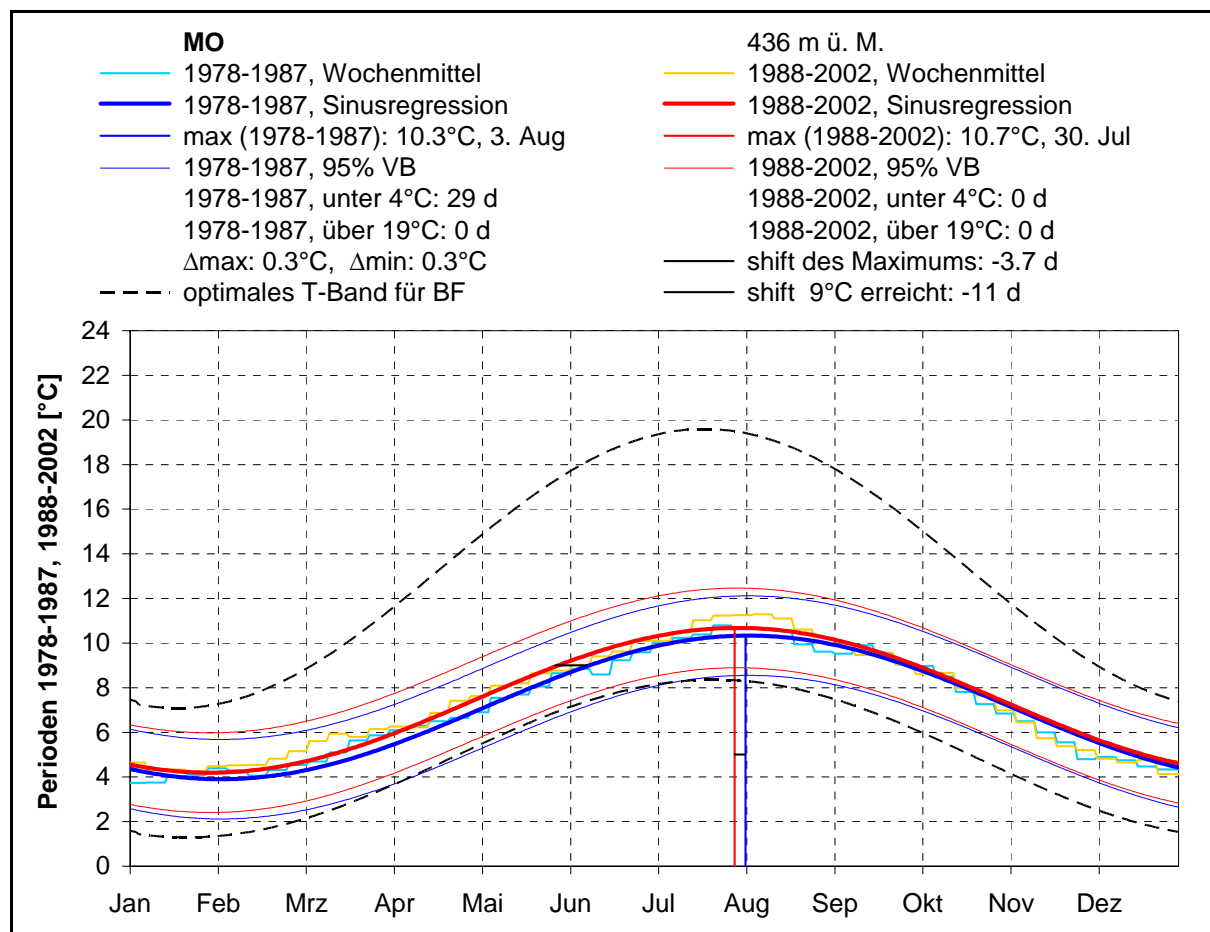
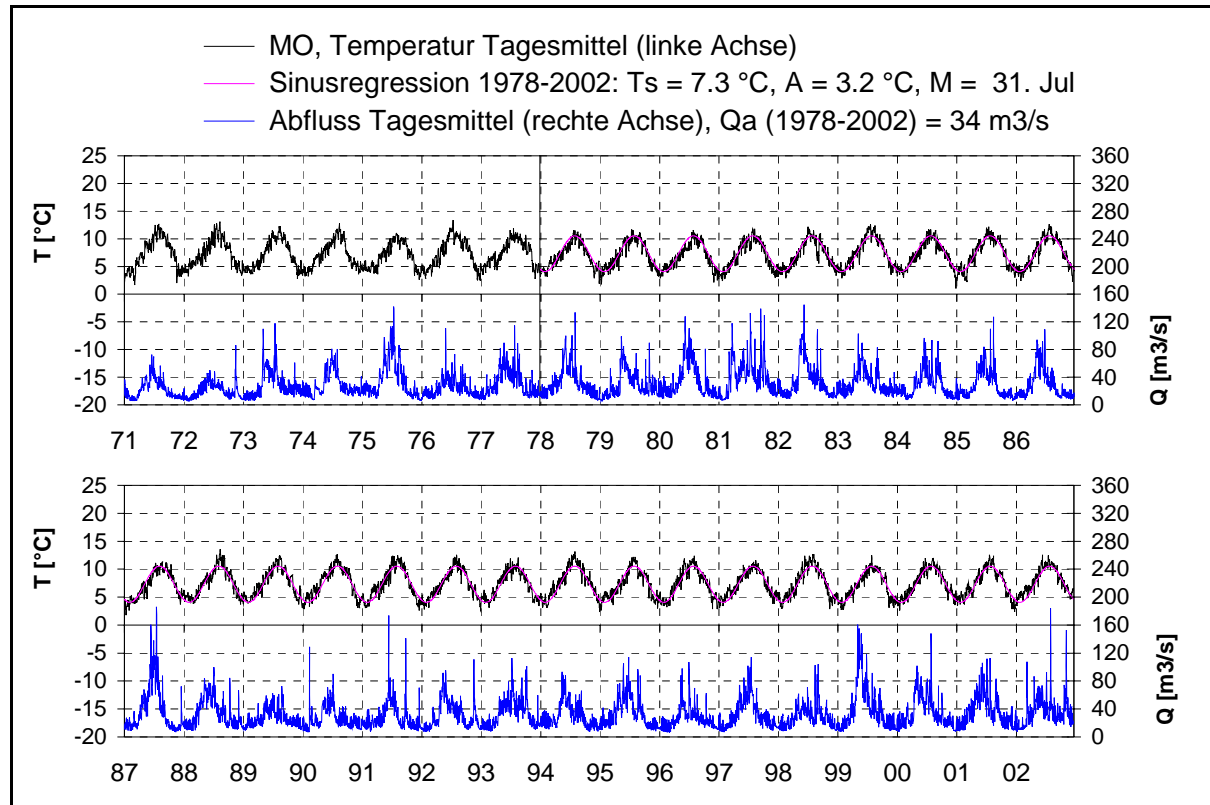


Abb. MO 2. Linth Mollis: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

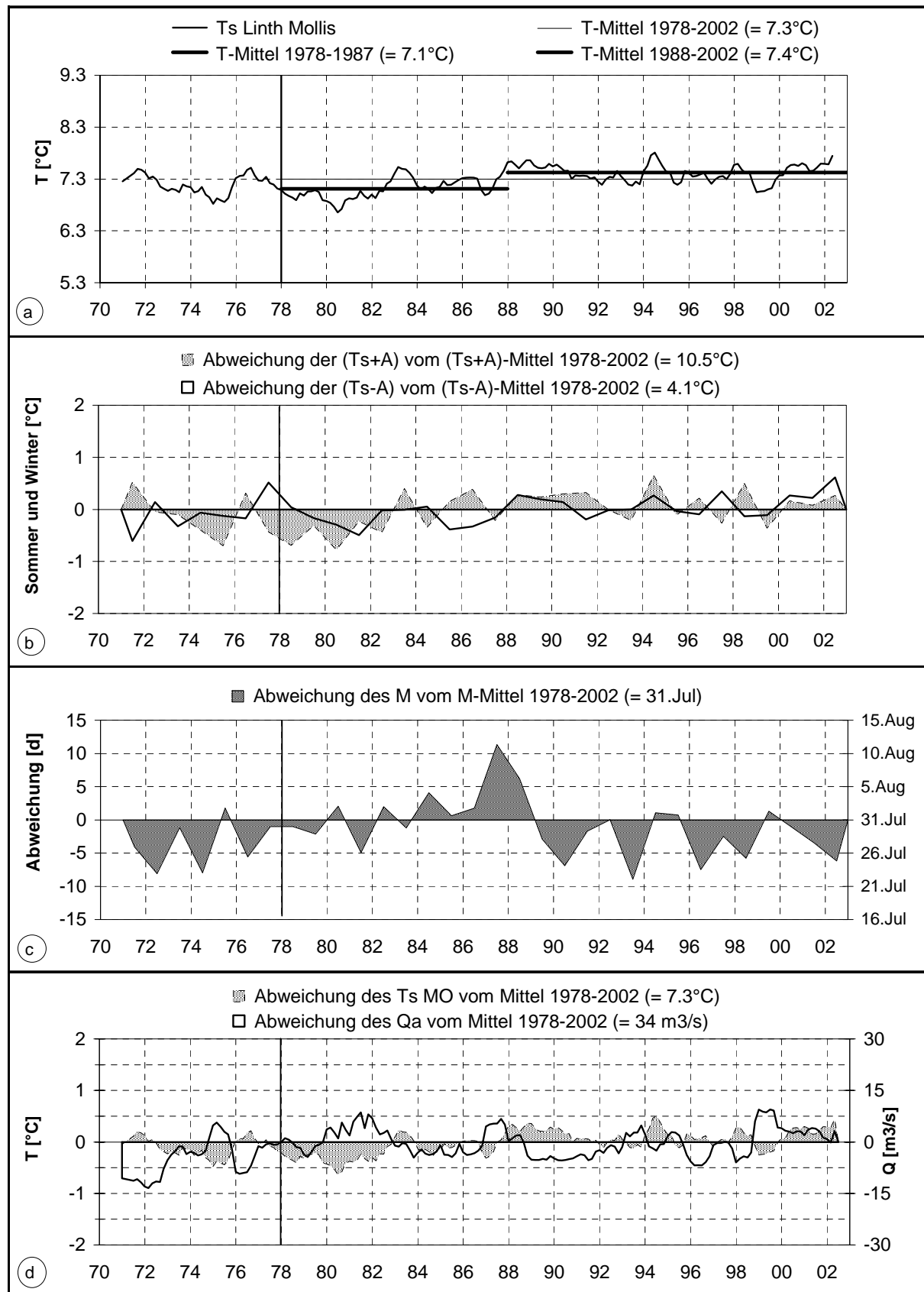


Abb. MO 3. Linth Mollis: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.17 Reuss Mellingen

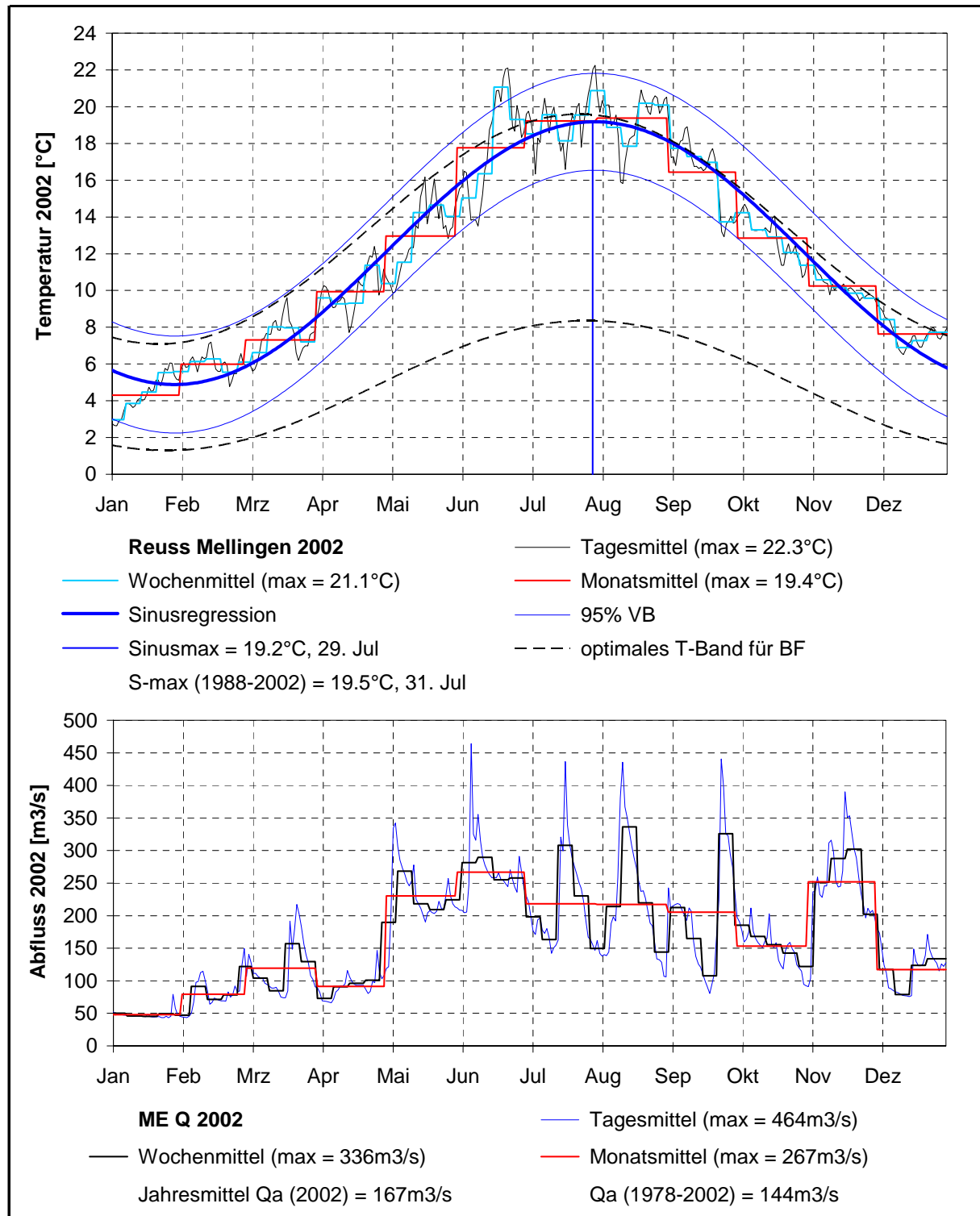


Abb. ME 1. Reuss Mellingen: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

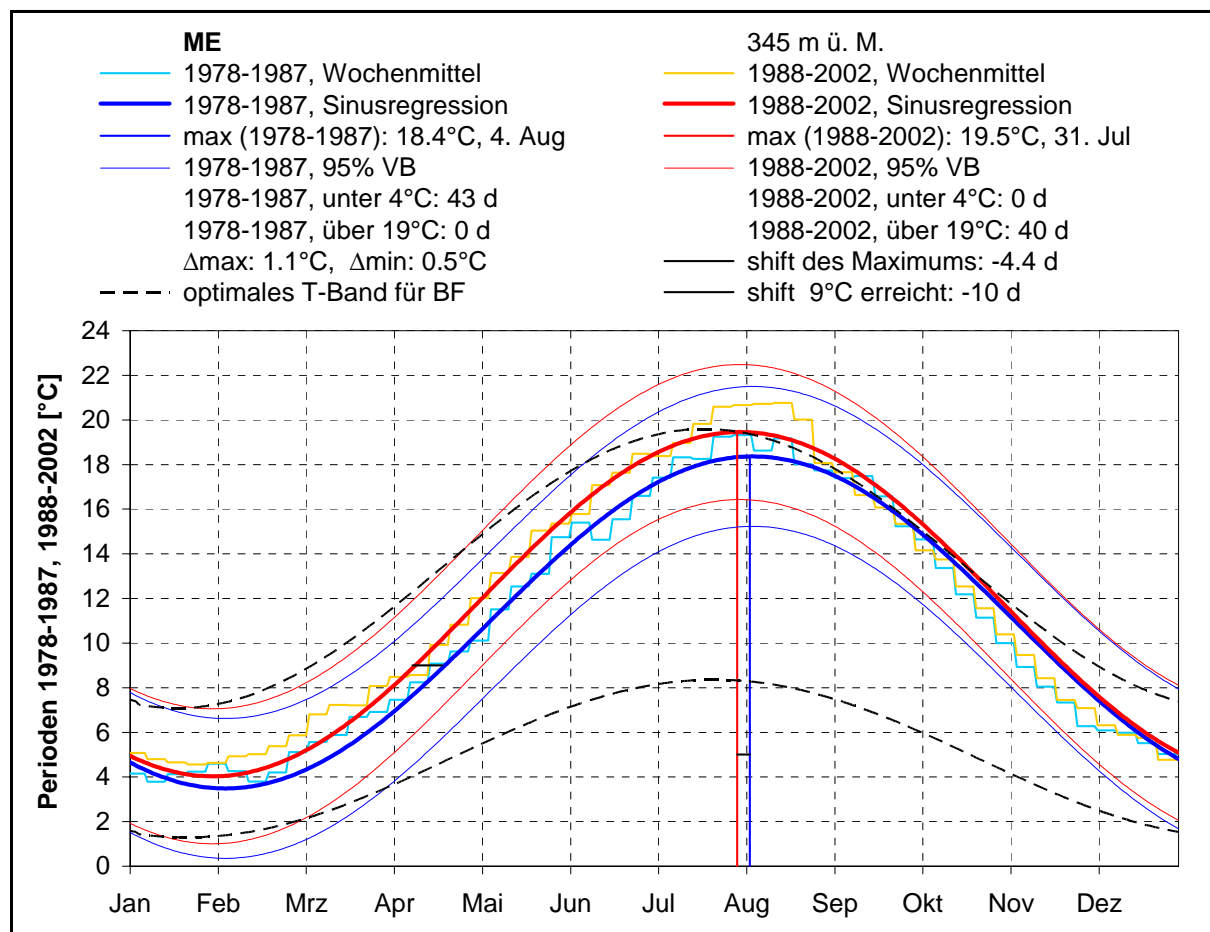
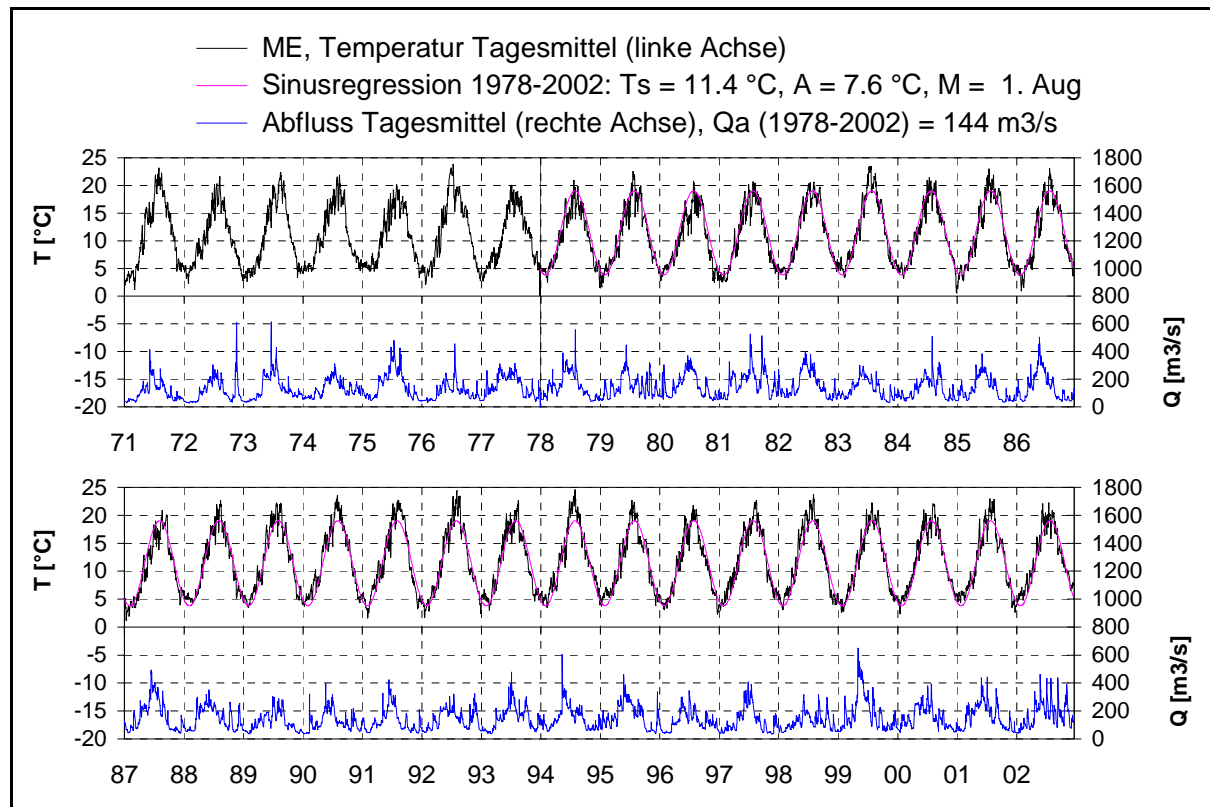


Abb. ME 2. Reuss Mellingen: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

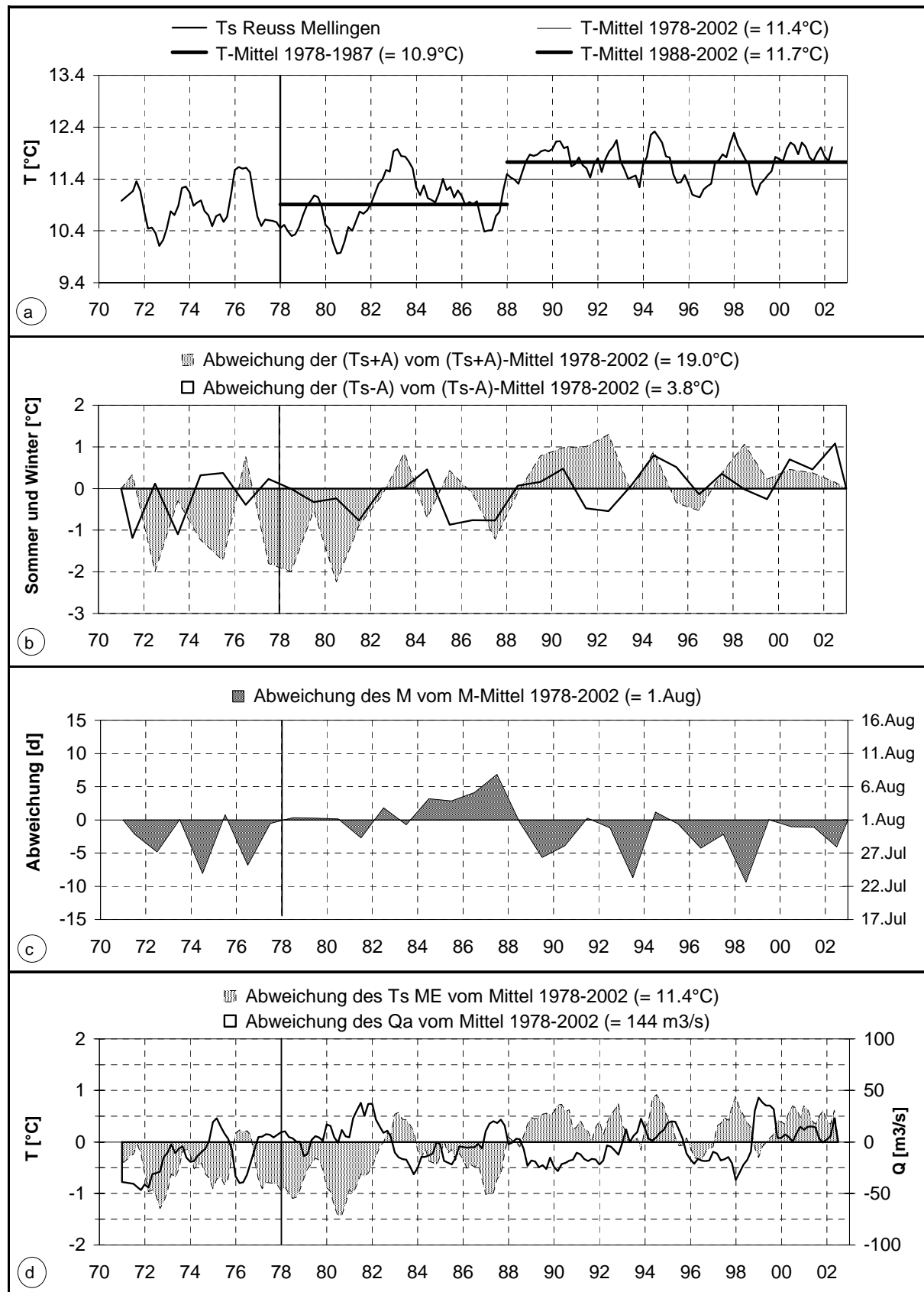


Abb. ME 3. Reuss Mellingen: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.18 Kleine Emme Littau

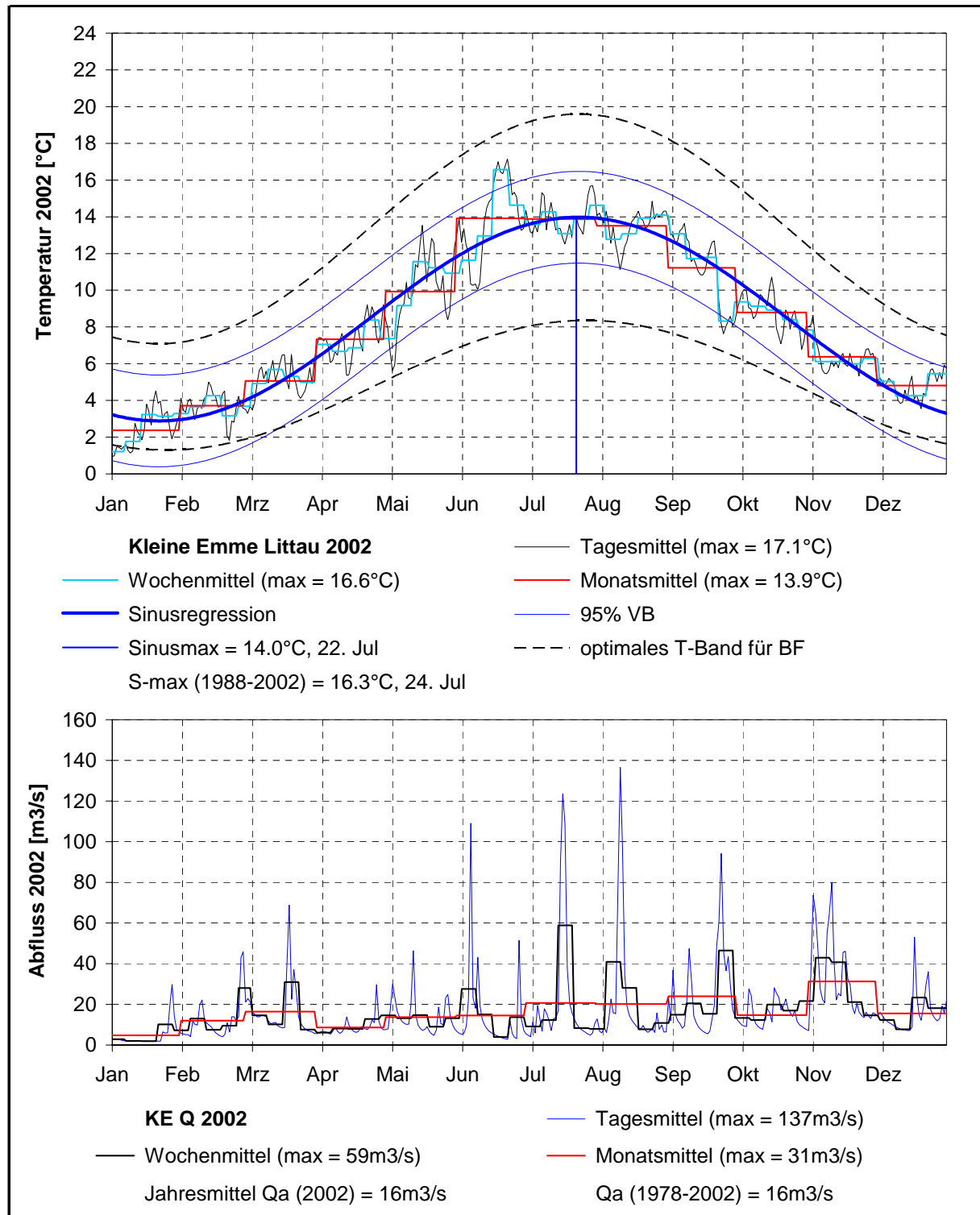


Abb. KE 1. Kleine Emme Littau: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

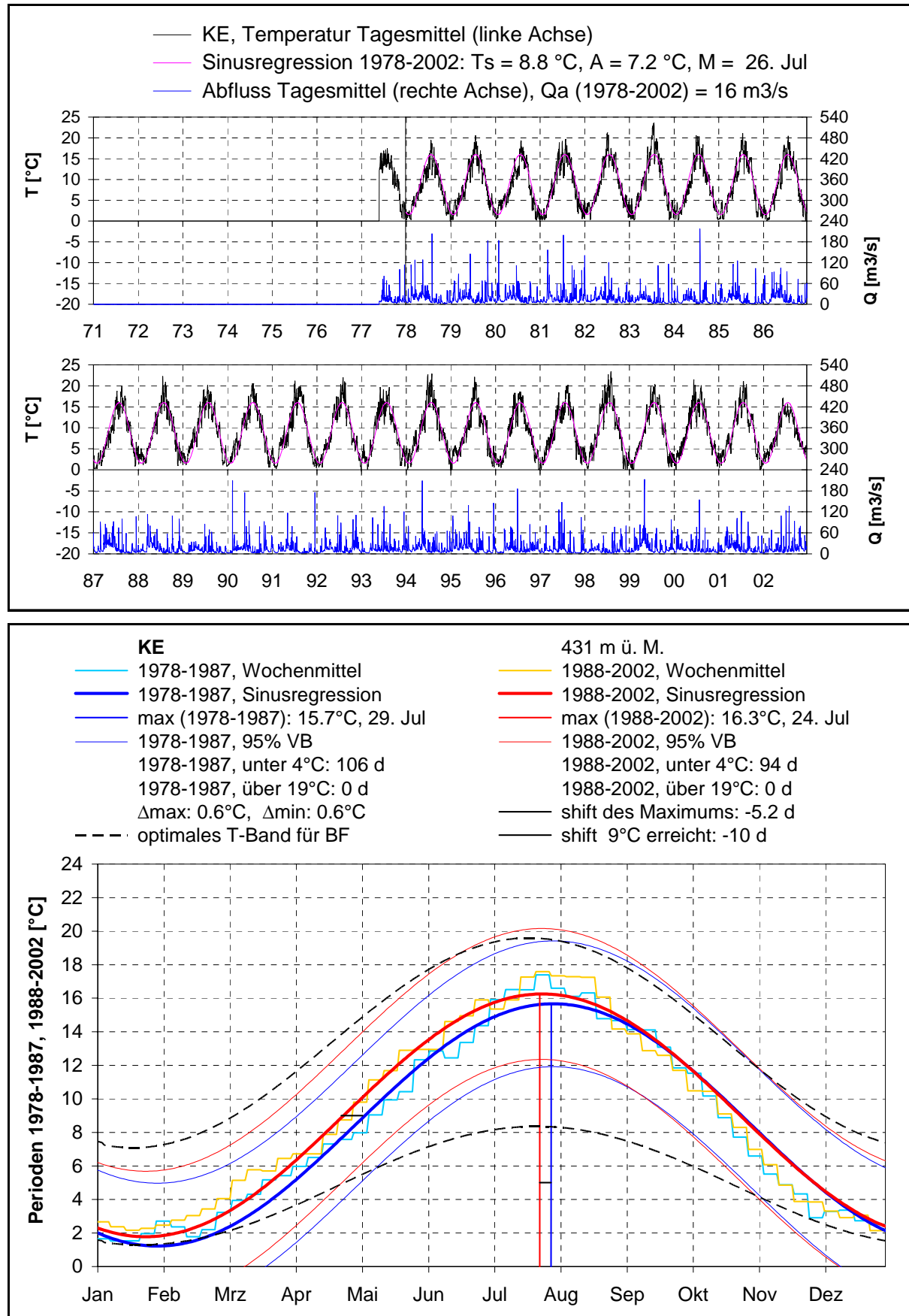


Abb. KE 2. Kleine Emme Littau: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

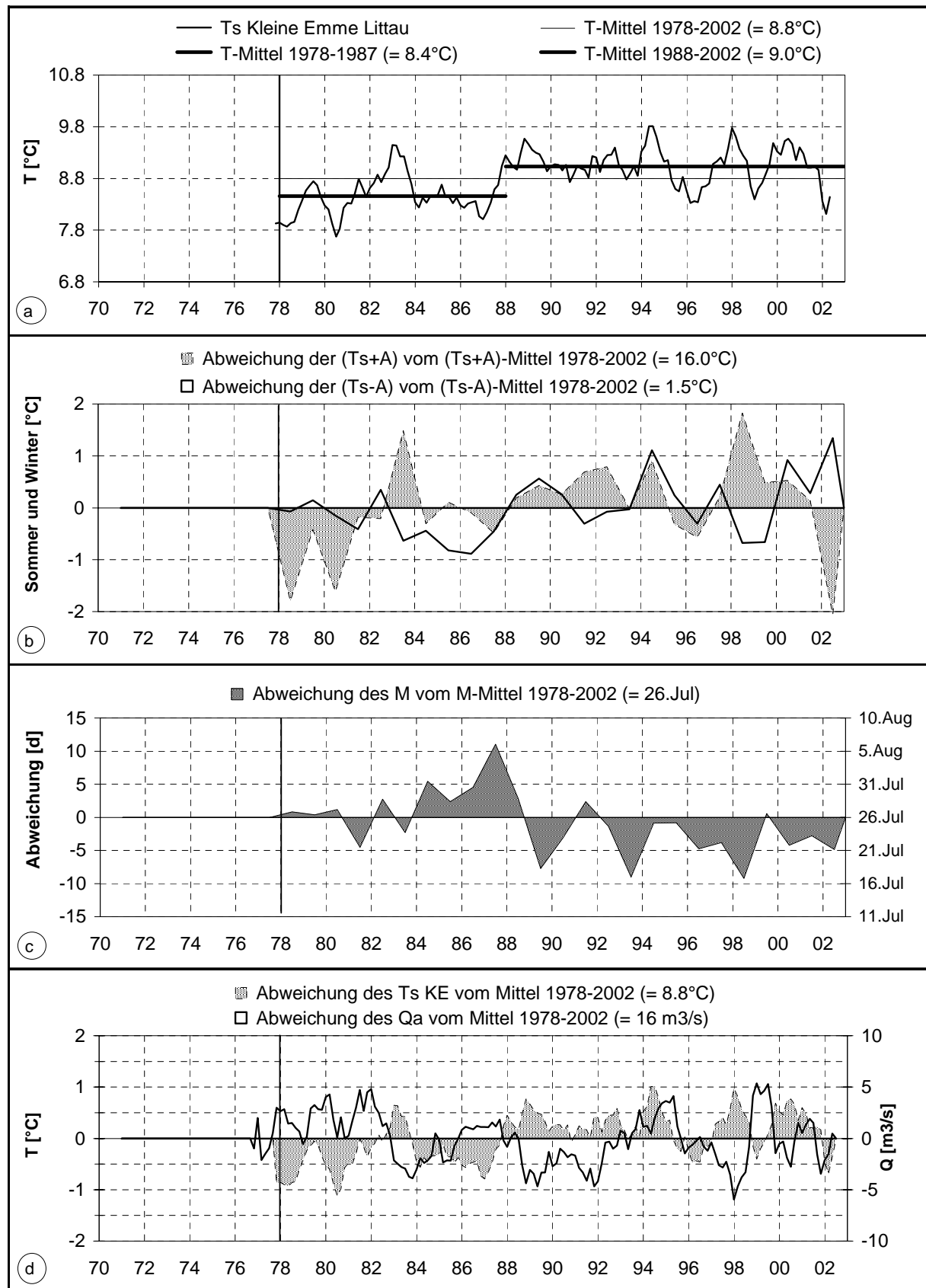


Abb. KE 3. Kleine Emme Littau: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.19 Reuss Luzern

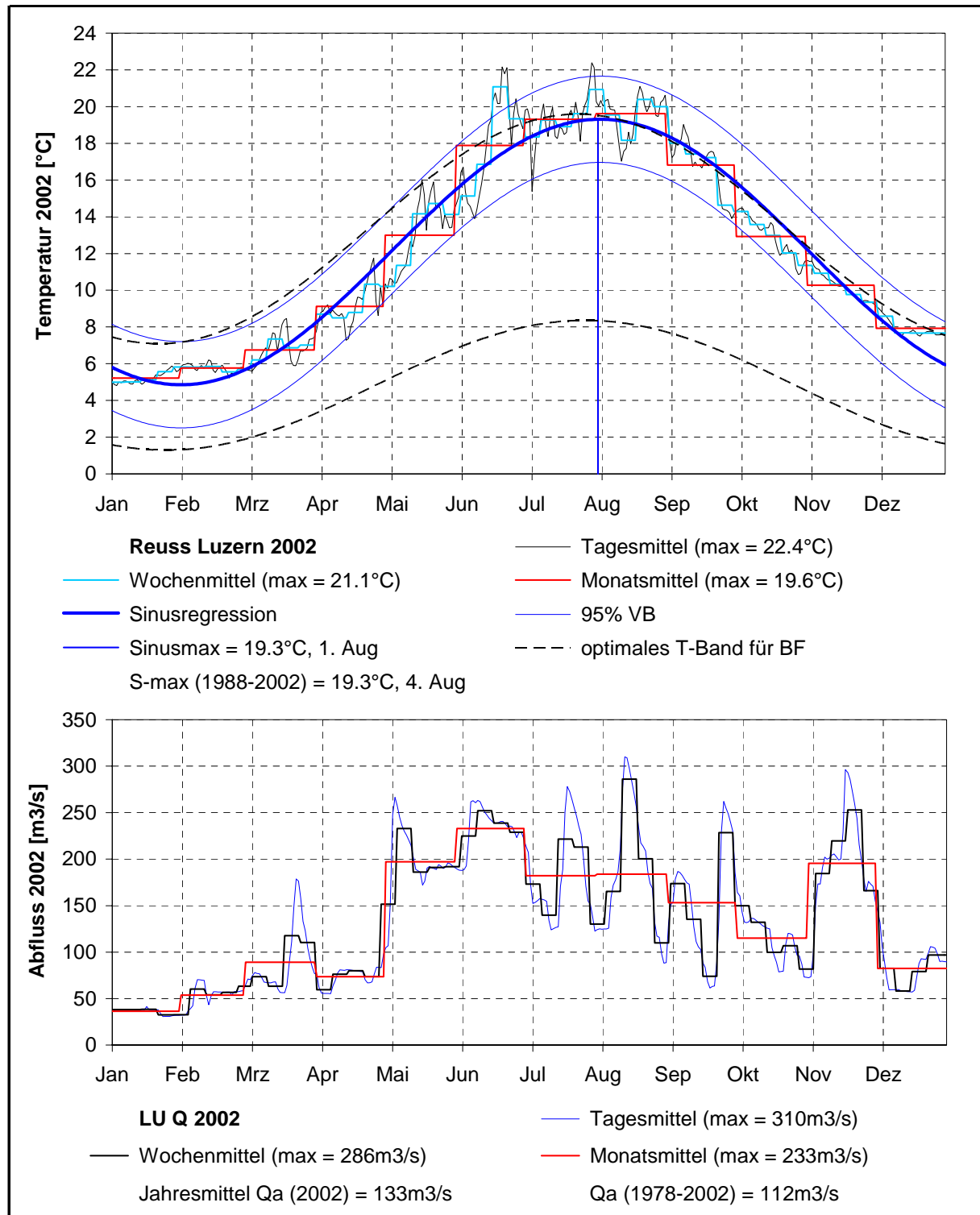


Abb. LU 1. Reuss Luzern: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

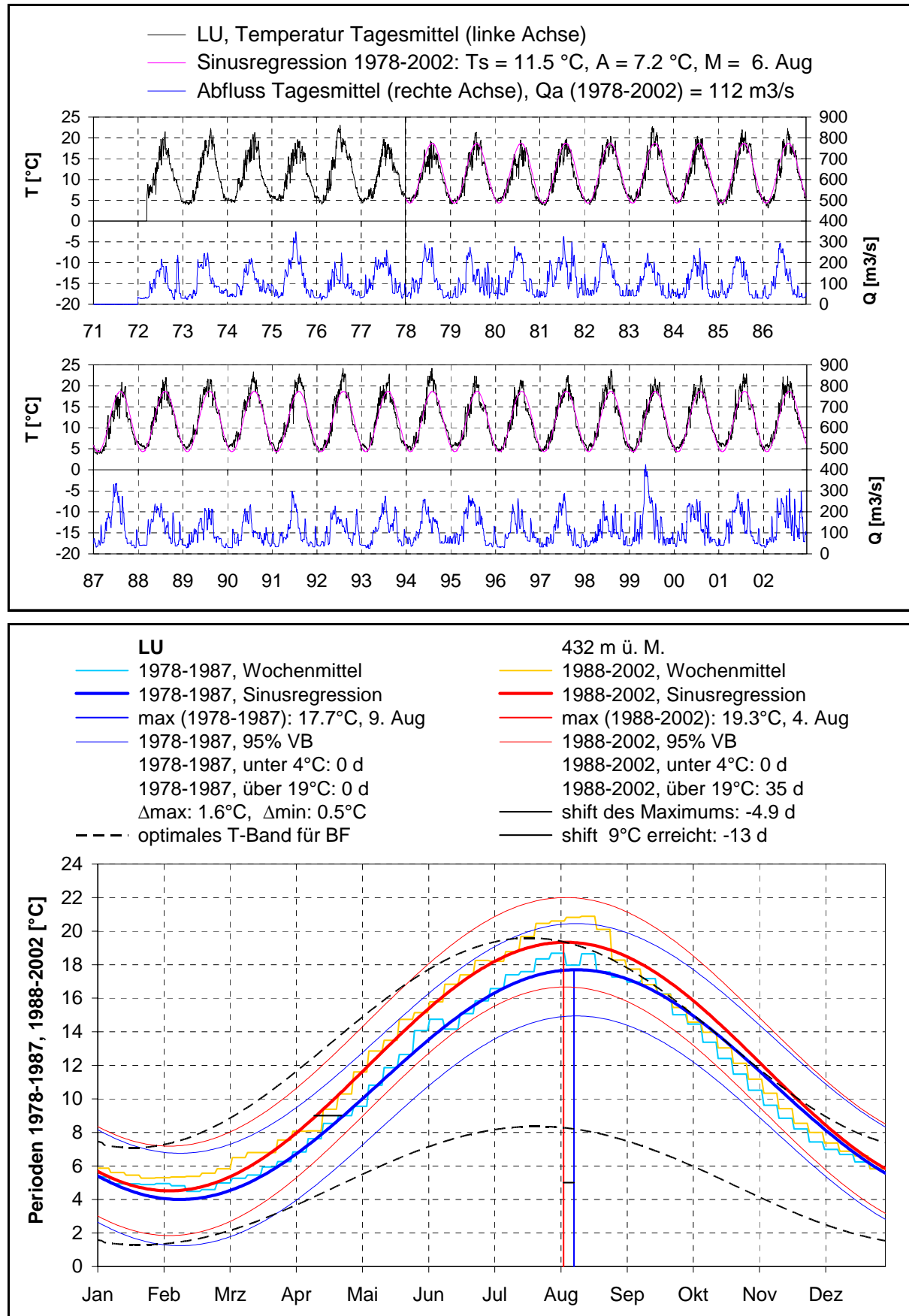


Abb. LU 2. Reuss Luzern: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

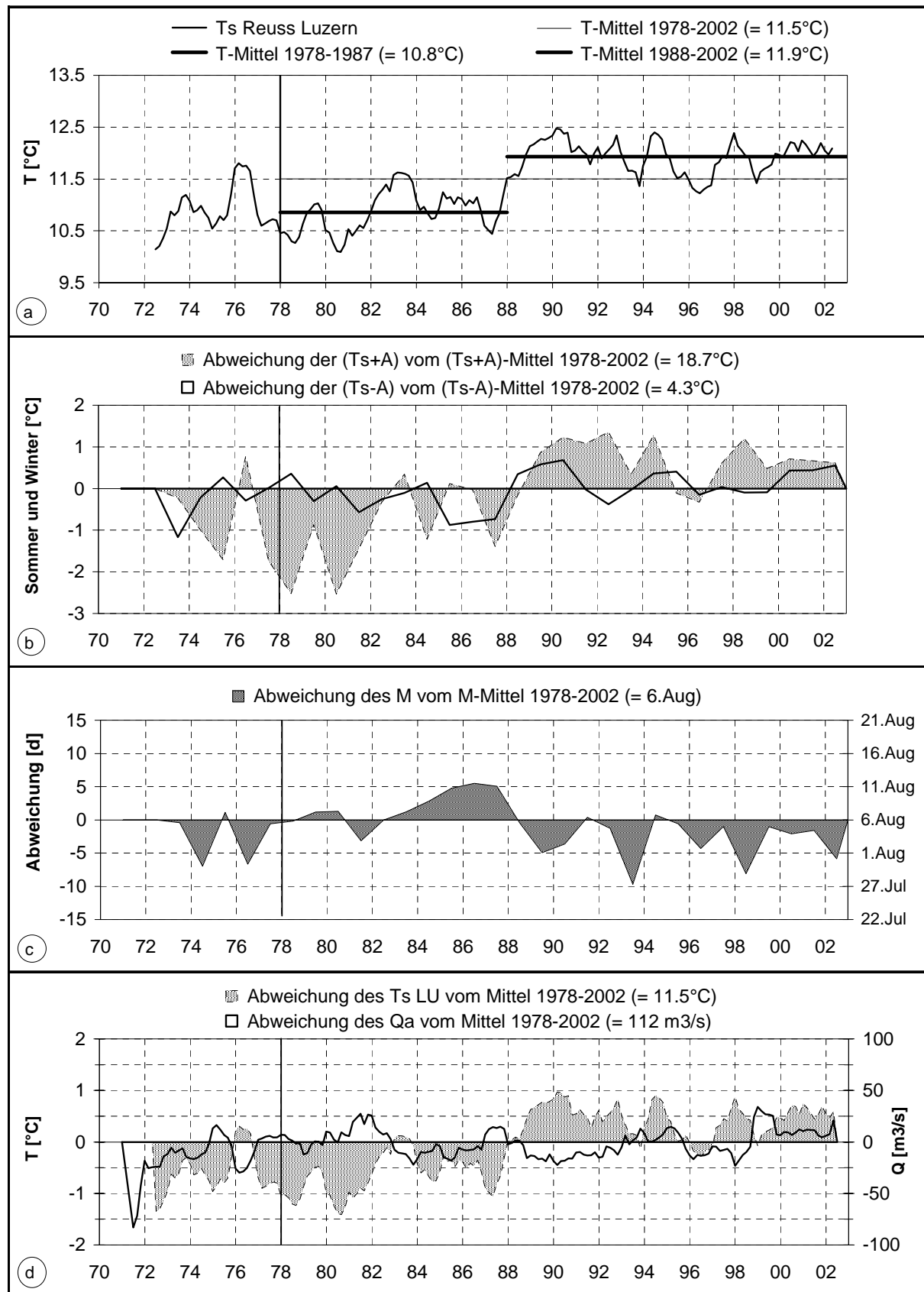


Abb. LU 3. Reuss Luzern: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.20 Reuss Seedorf

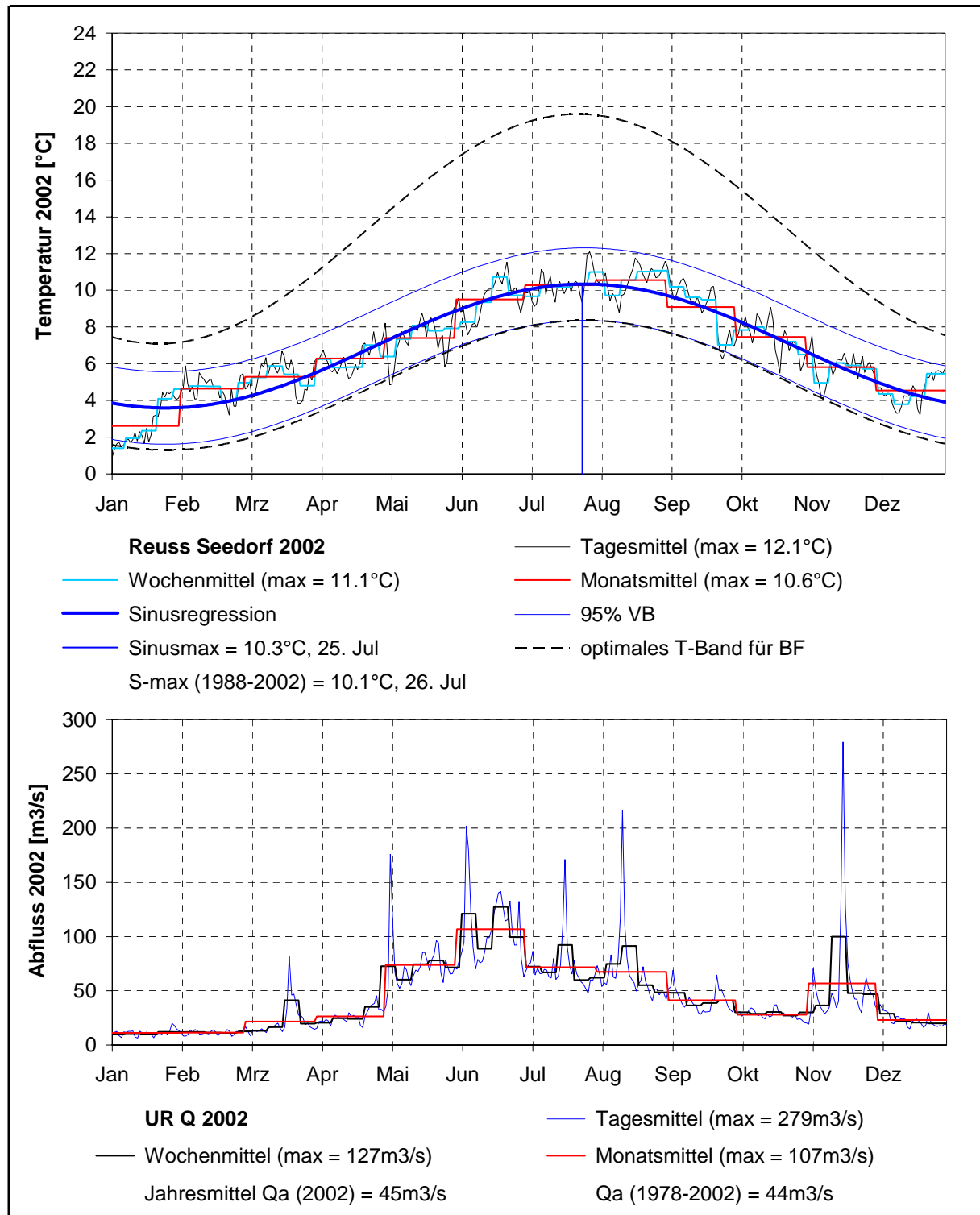


Abb. UR 1. Reuss Seedorf: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

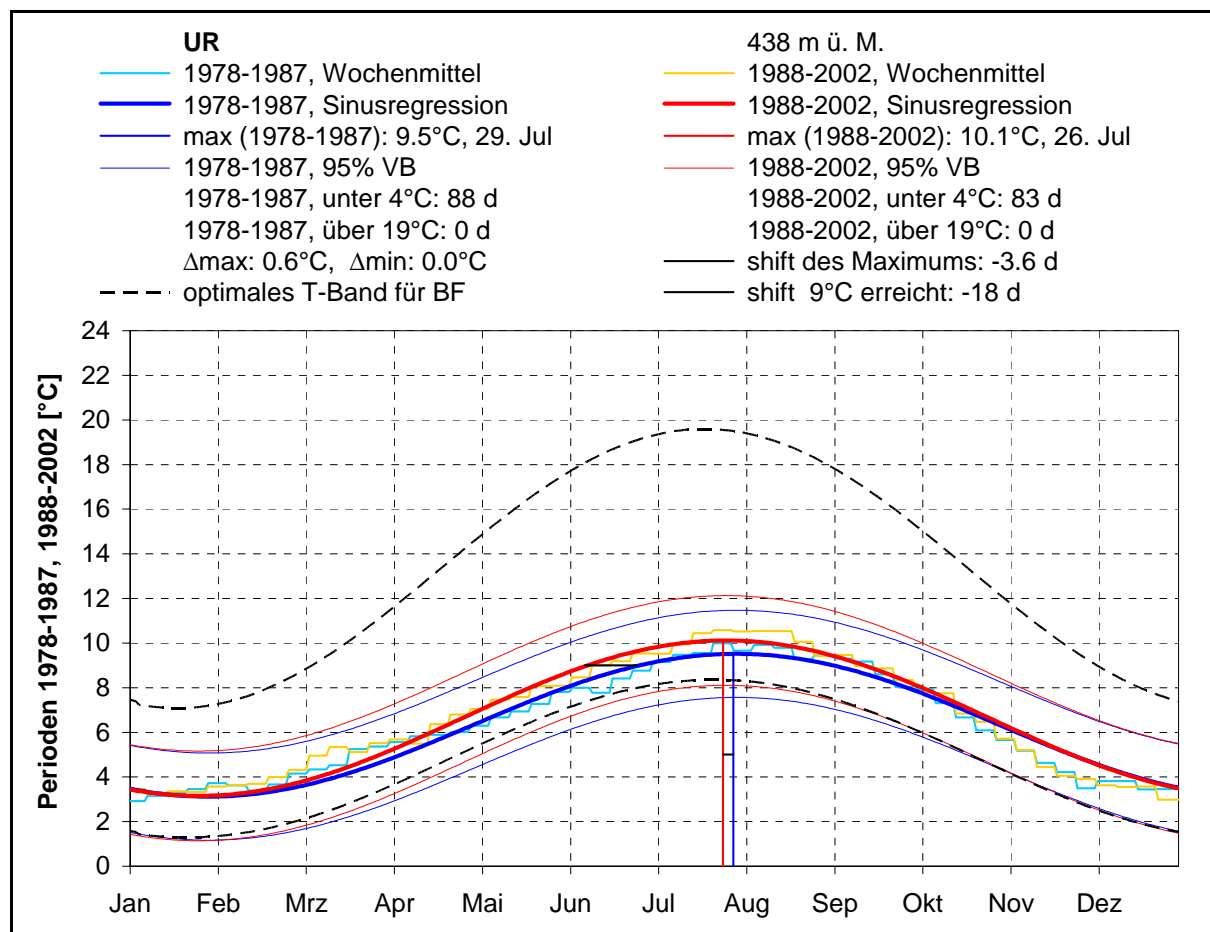
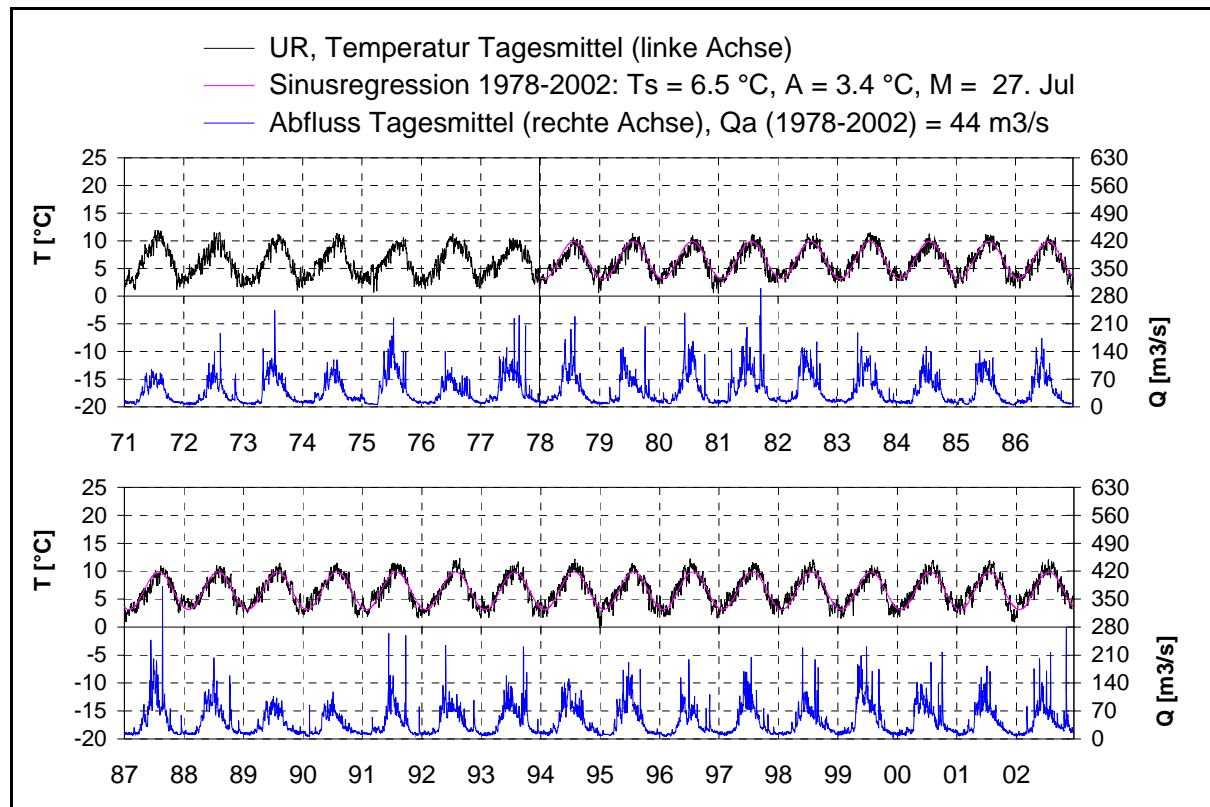


Abb. UR 2. Reuss Seedorf: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

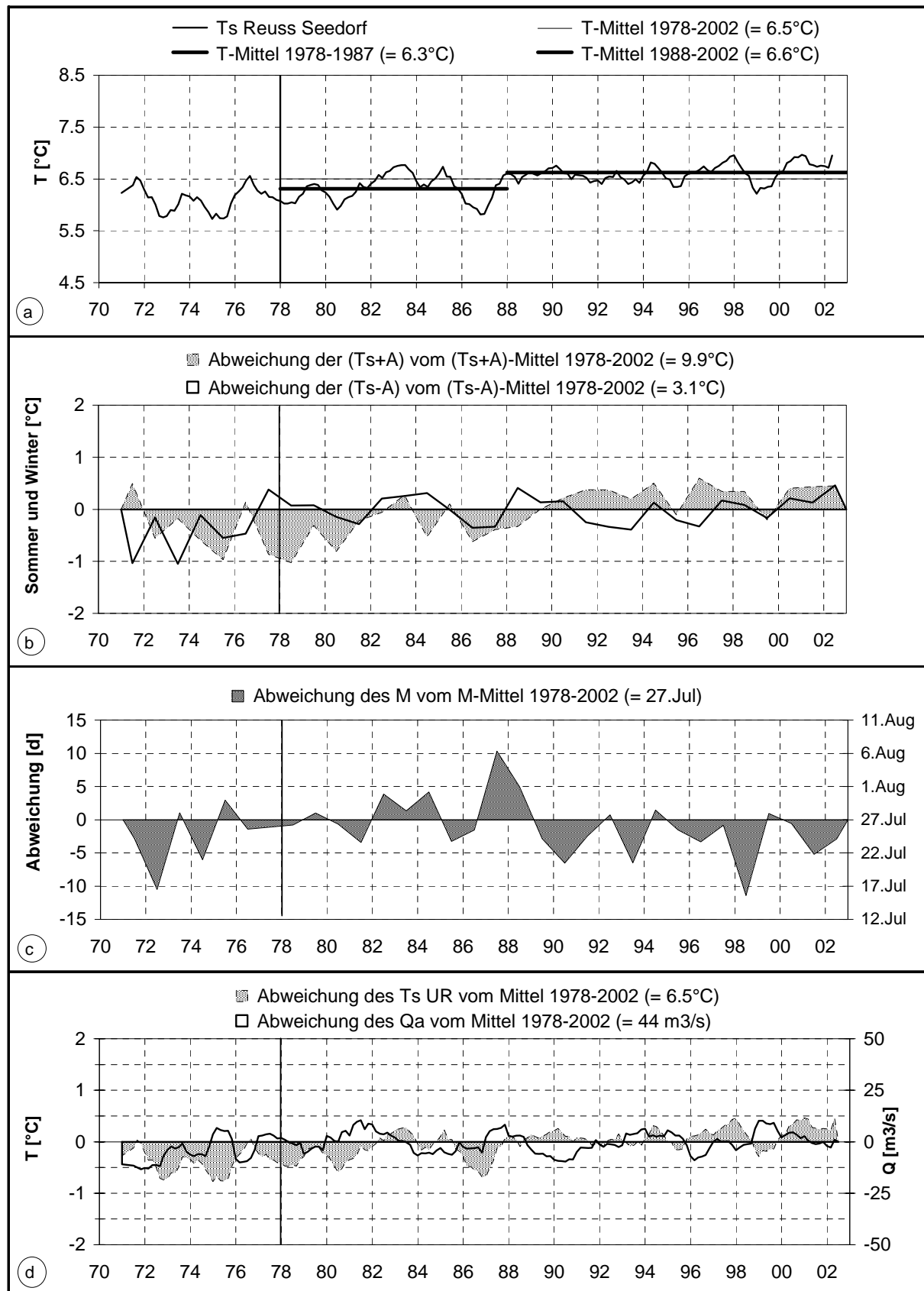


Abb. UR 3. Reuss Seedorf: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.21 Rhône Chancy

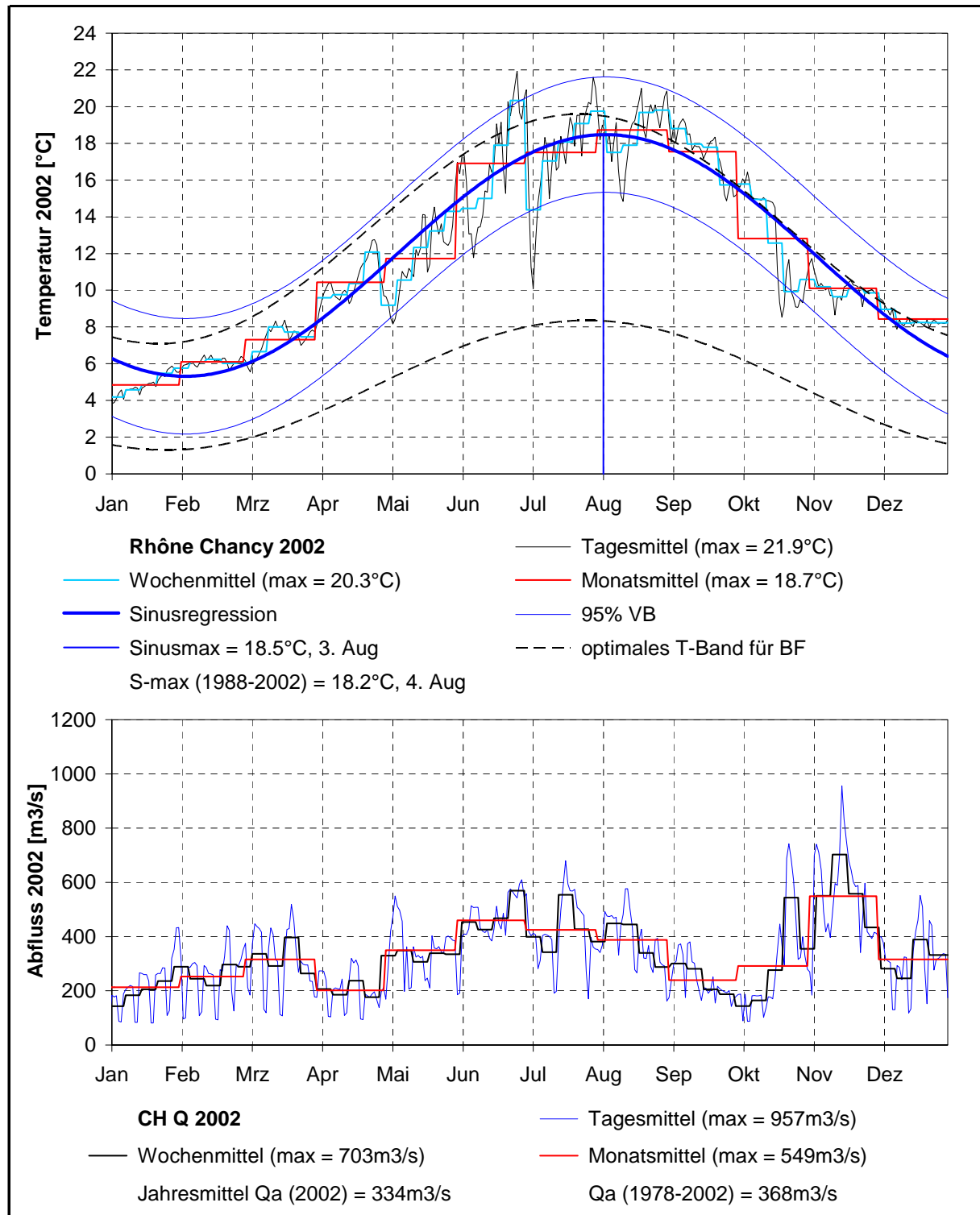


Abb. CH 1. Rhône Chancy: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

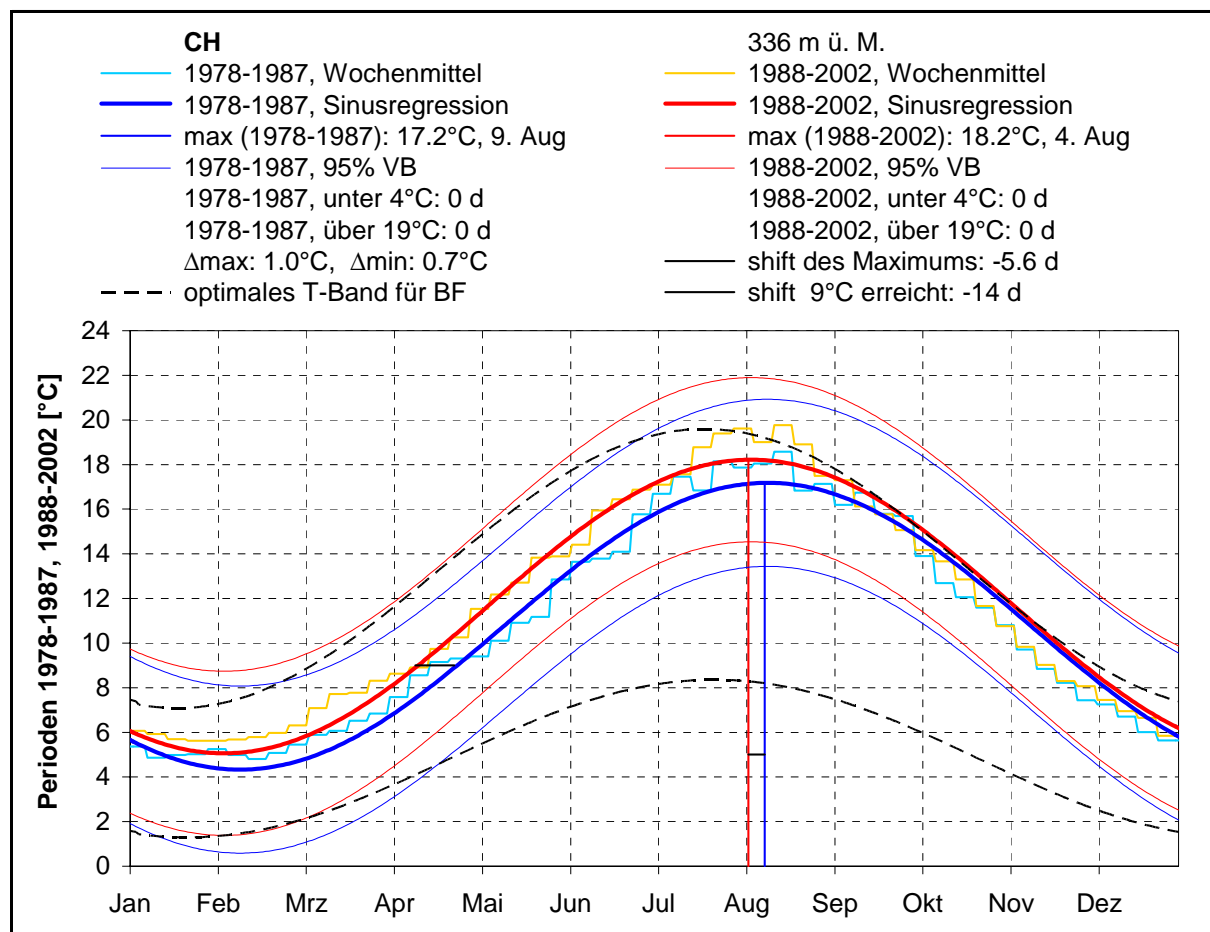
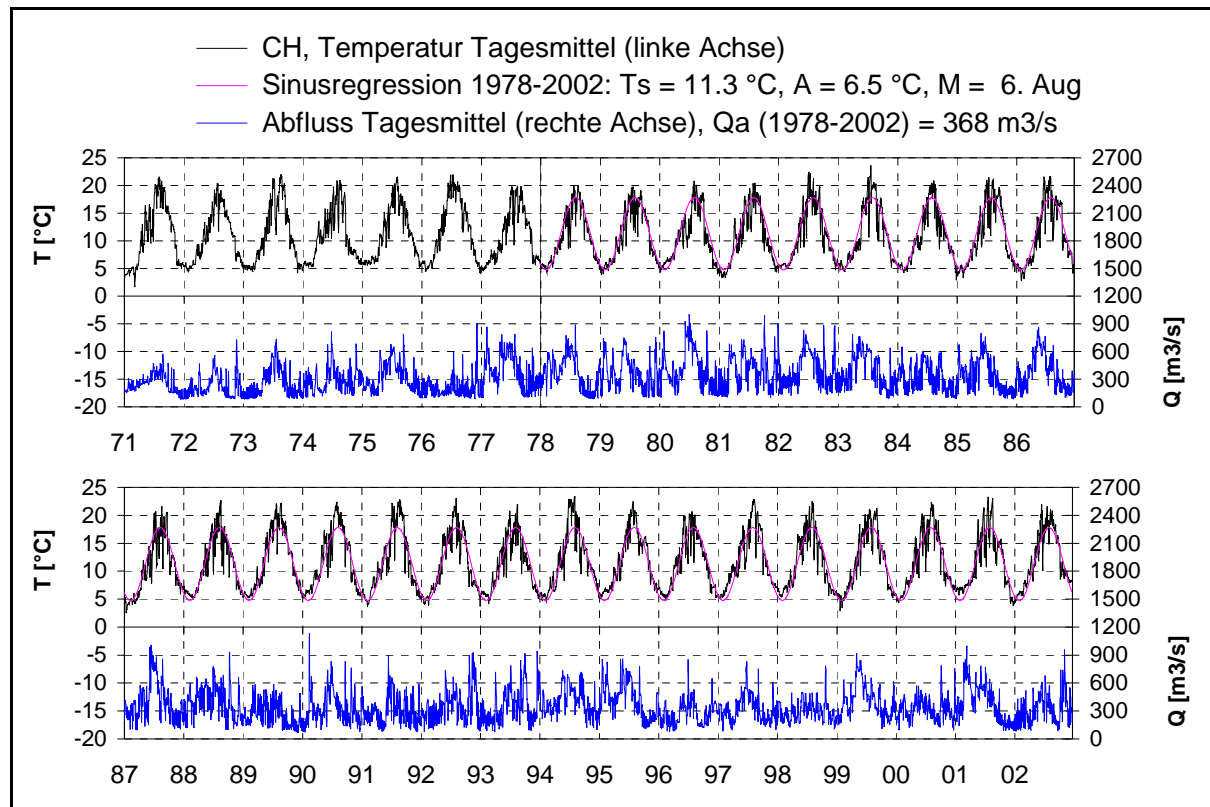


Abb. CH 2. Rhône Chancy: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

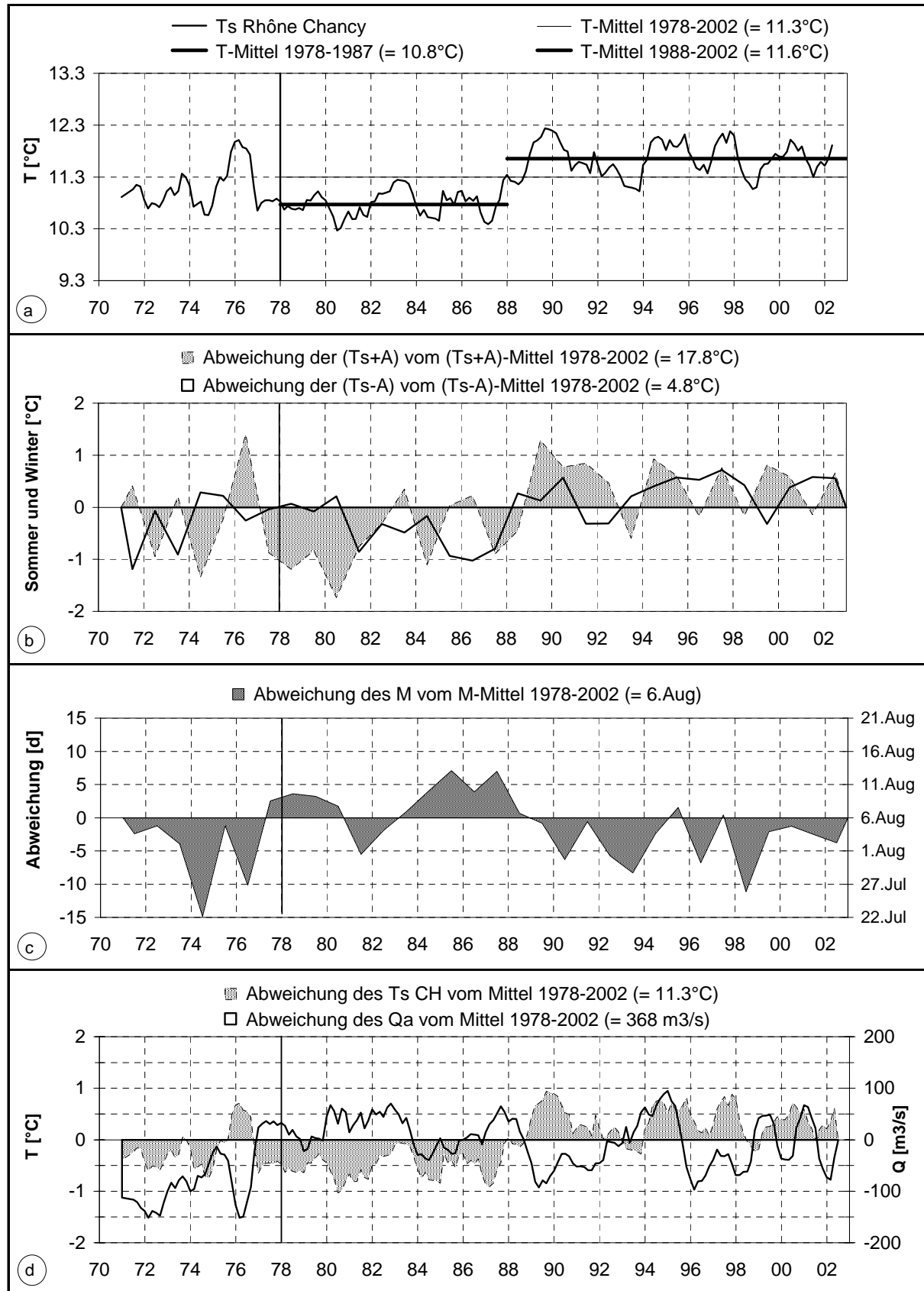


Abb. CH 3. Rhône Chancy: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.22 Arve Genève

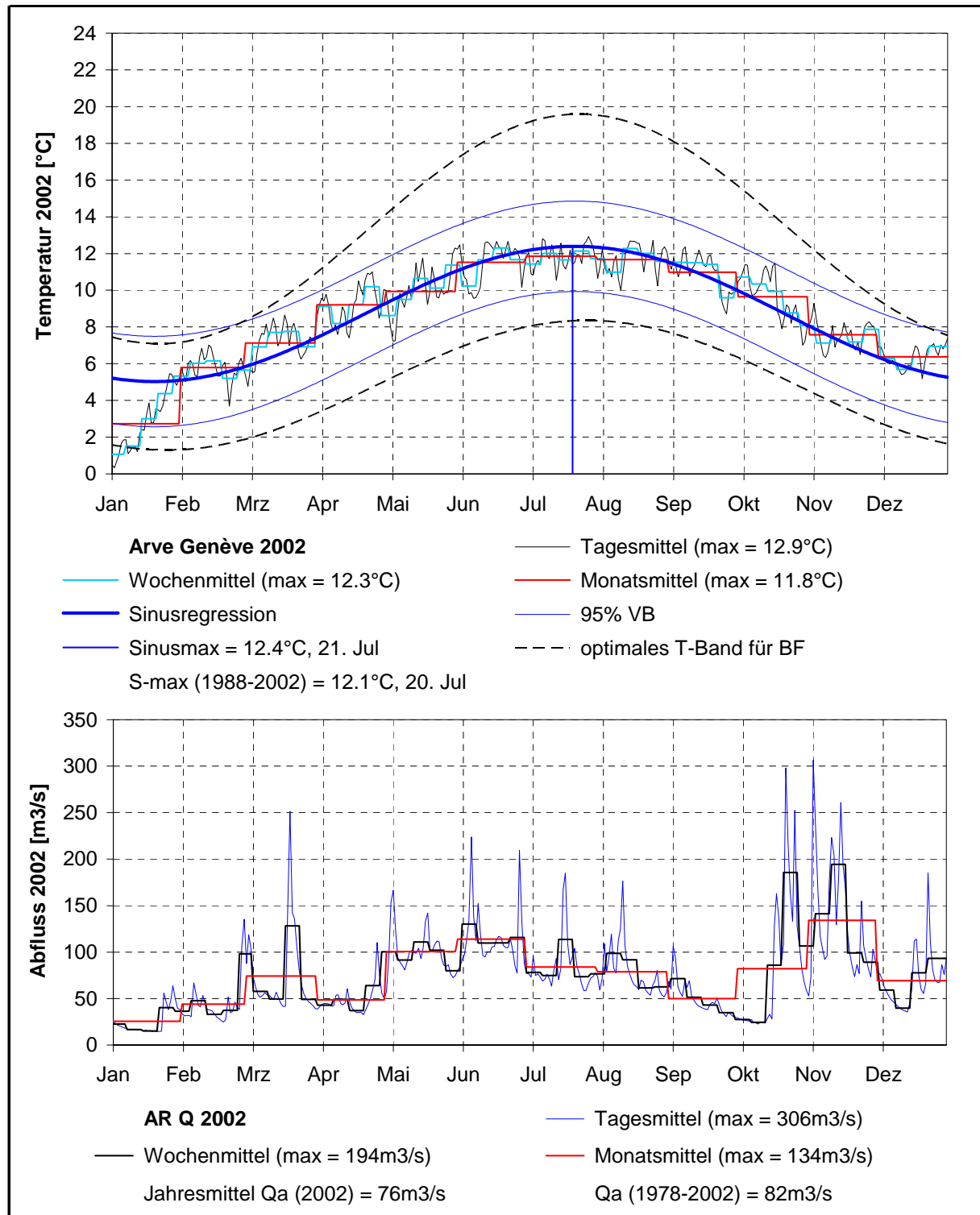


Abb. AR 1. Arve Genève: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

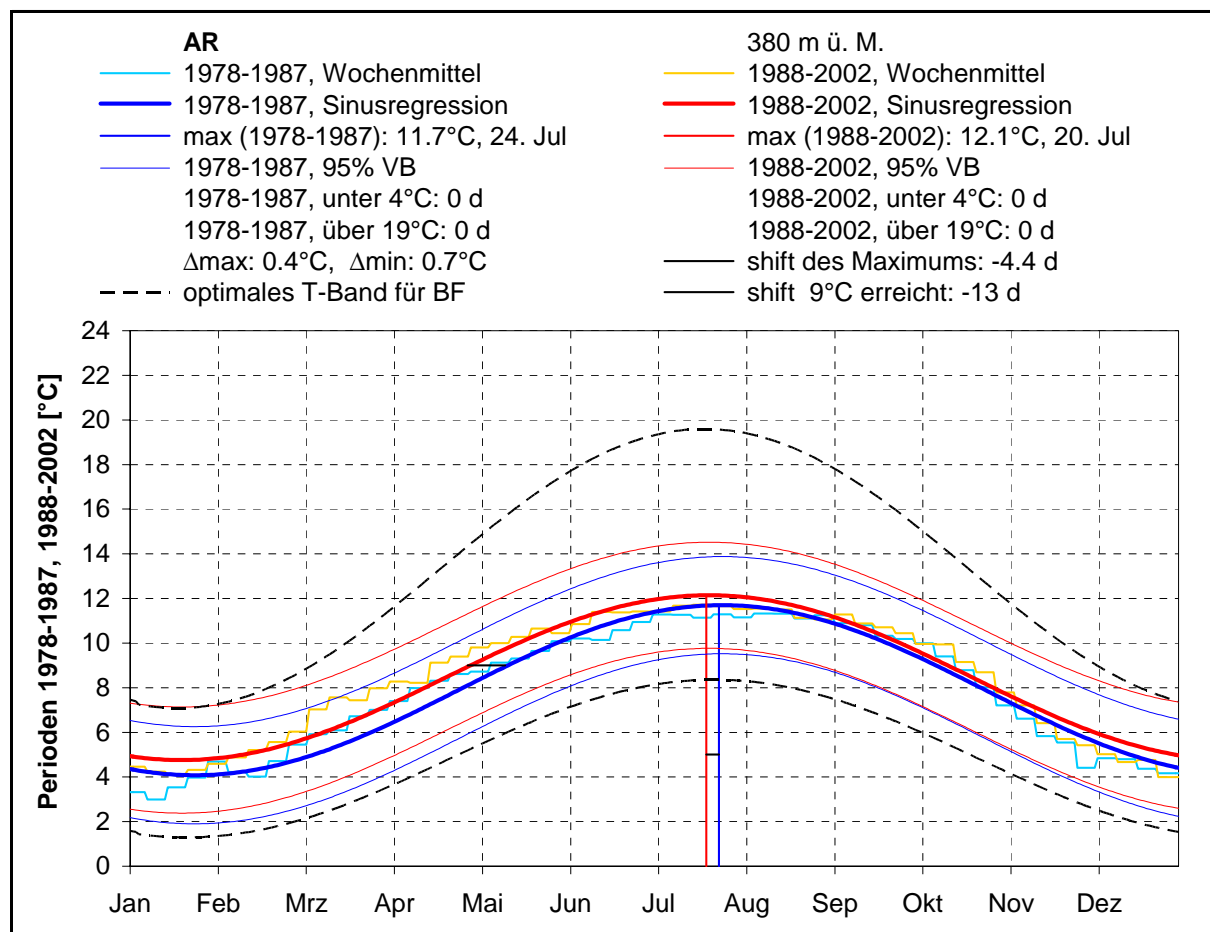
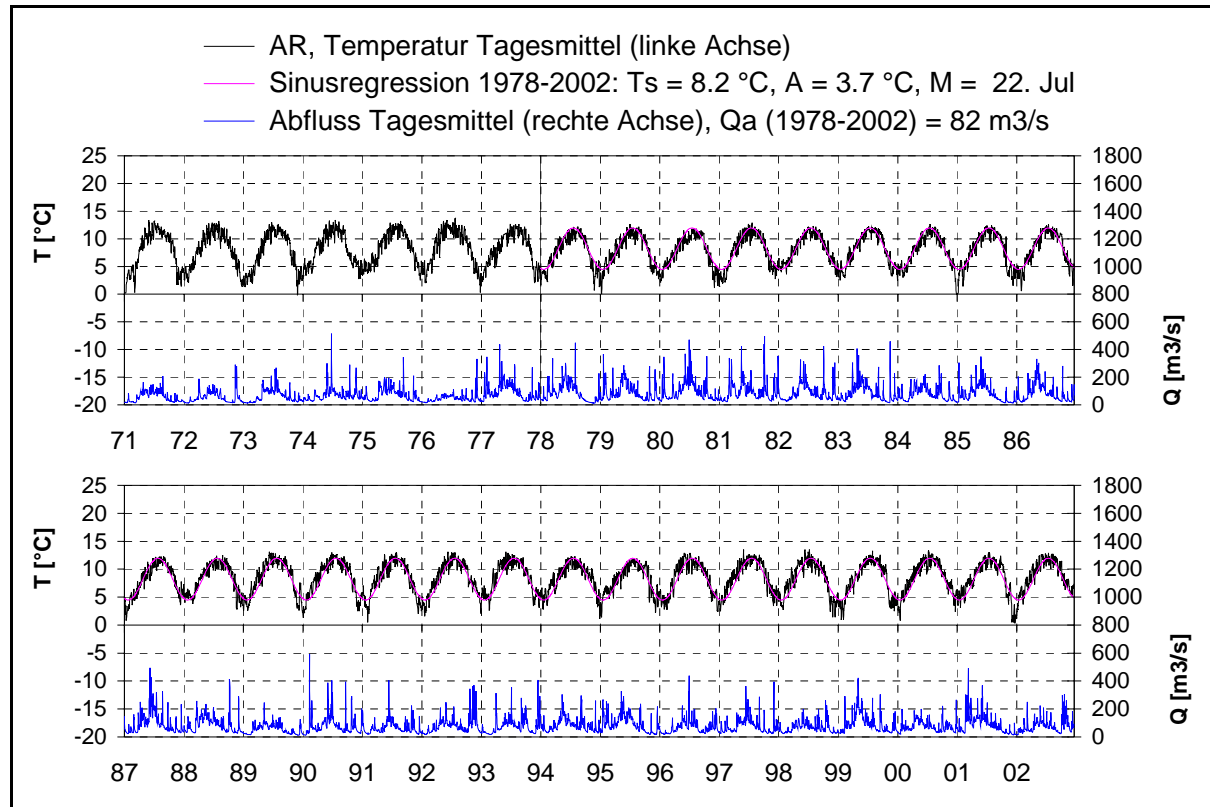


Abb. AR 2. Arve Genève: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

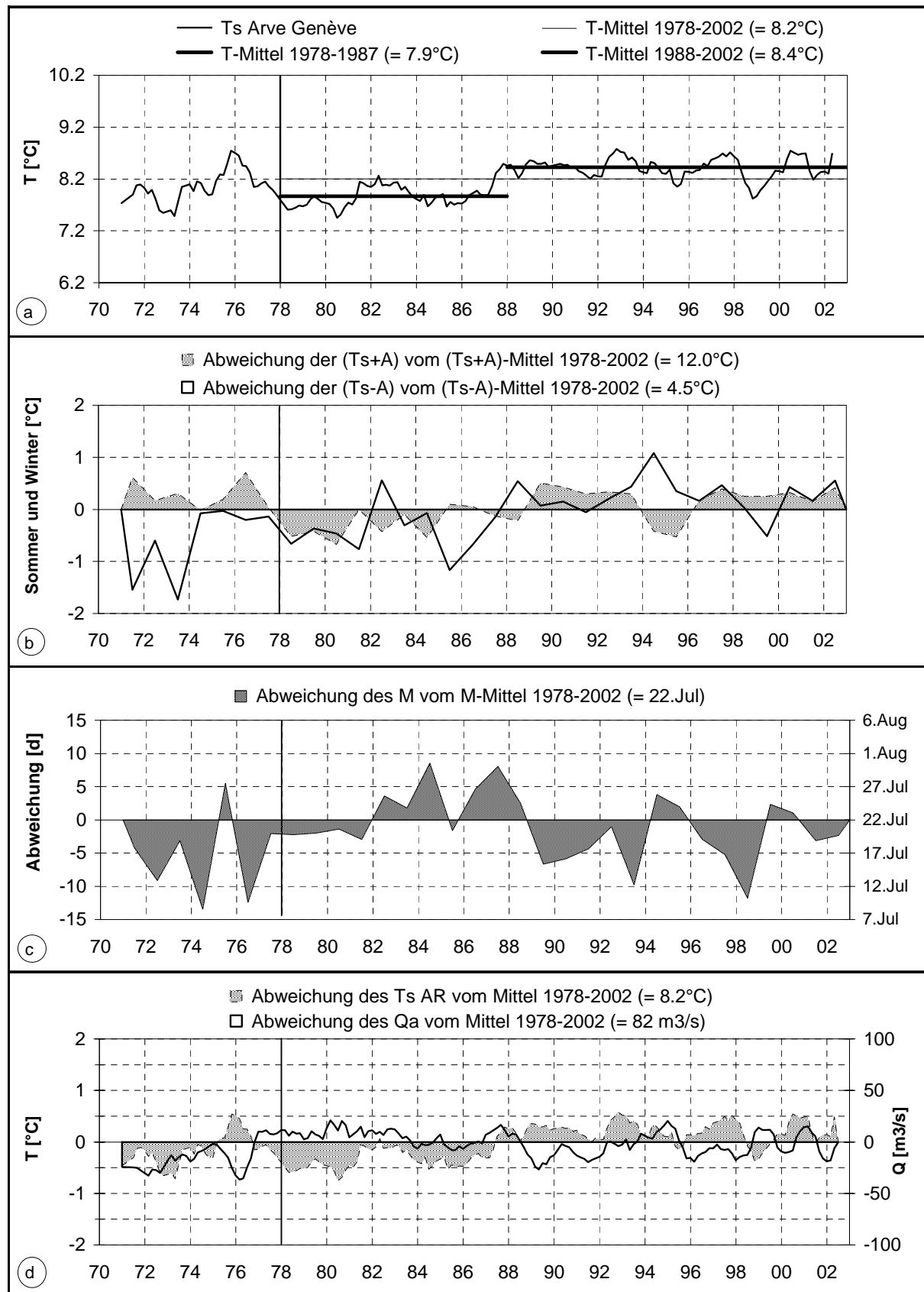


Abb. AR 3. Arve Genève: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.23 Rhône Porte du Scex

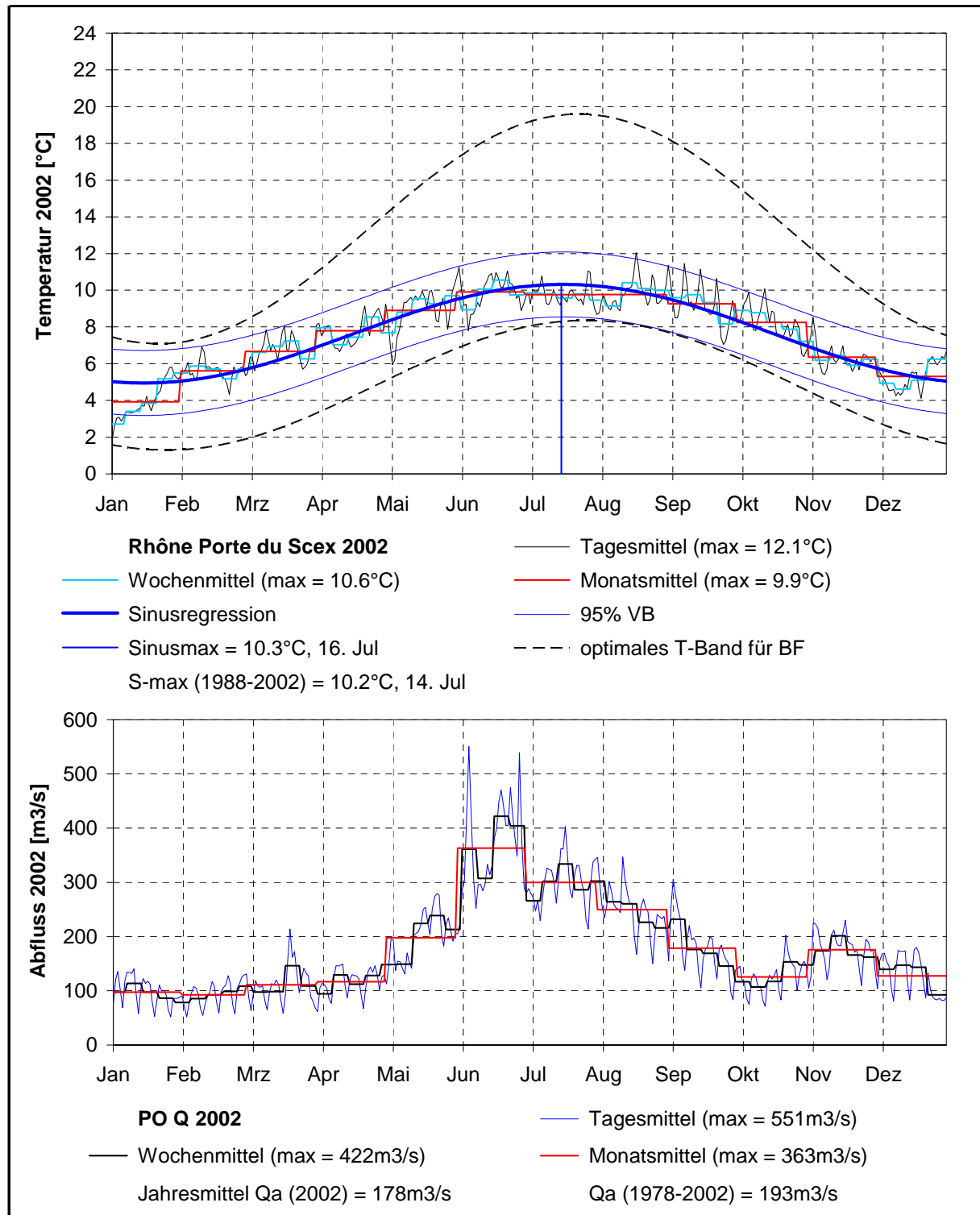


Abb. PO 1. Rhône Porte du Scex: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

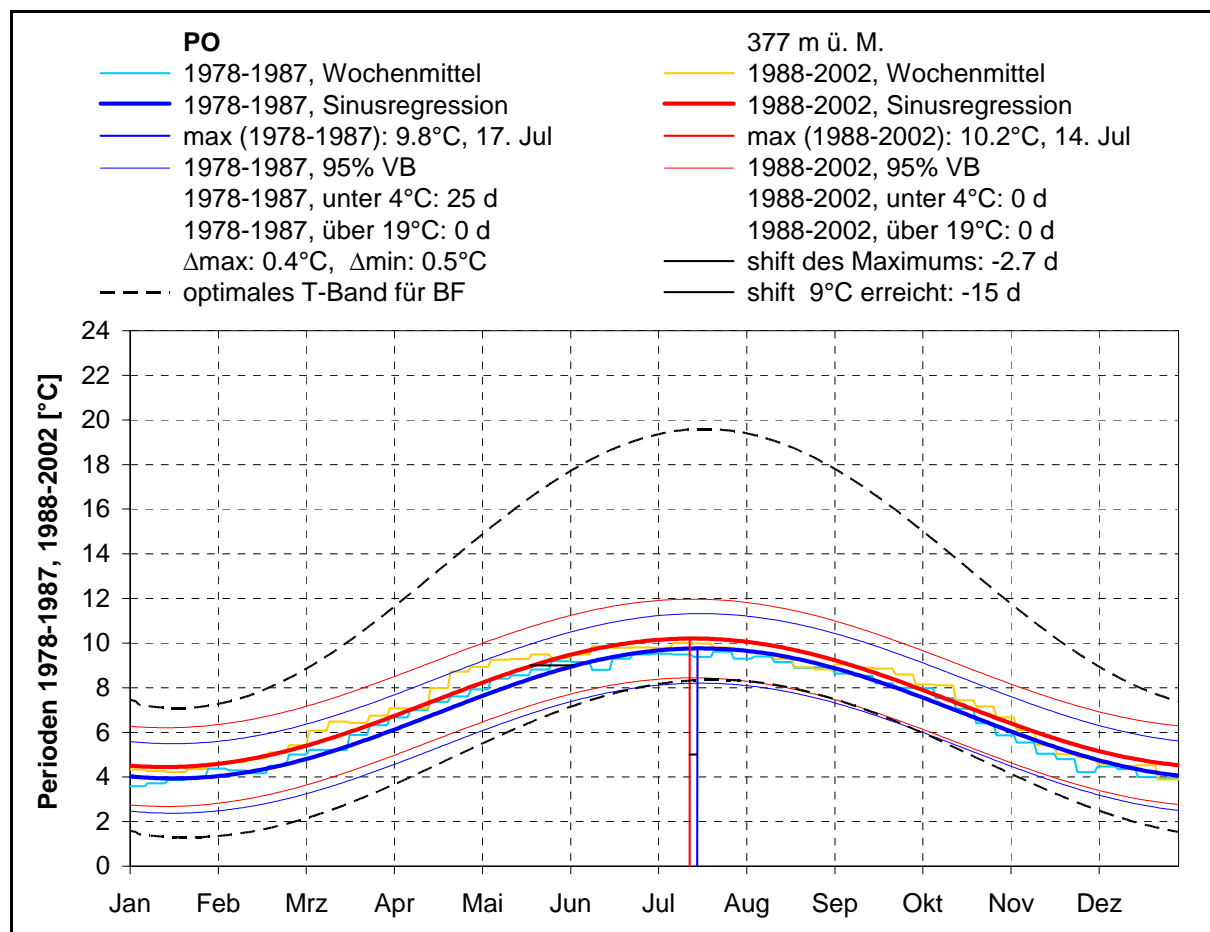
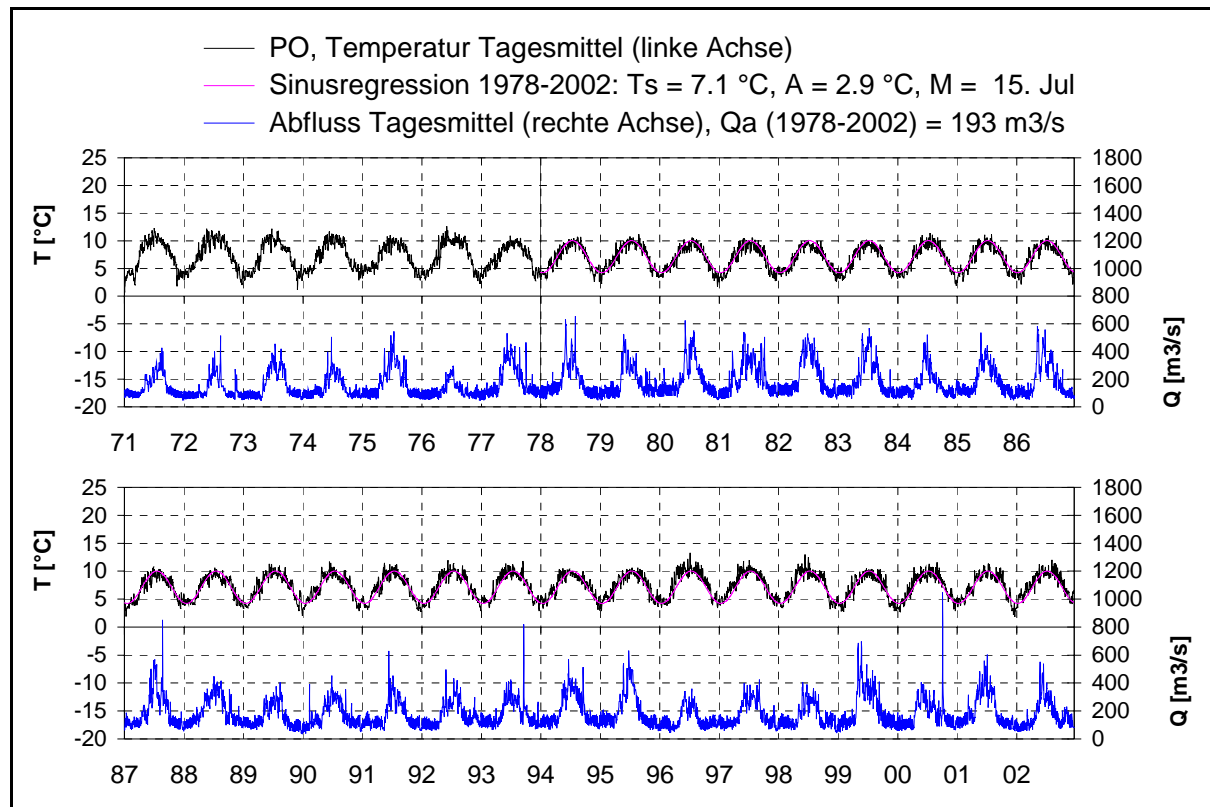


Abb. PO 2. Rhône Porte du Scex: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

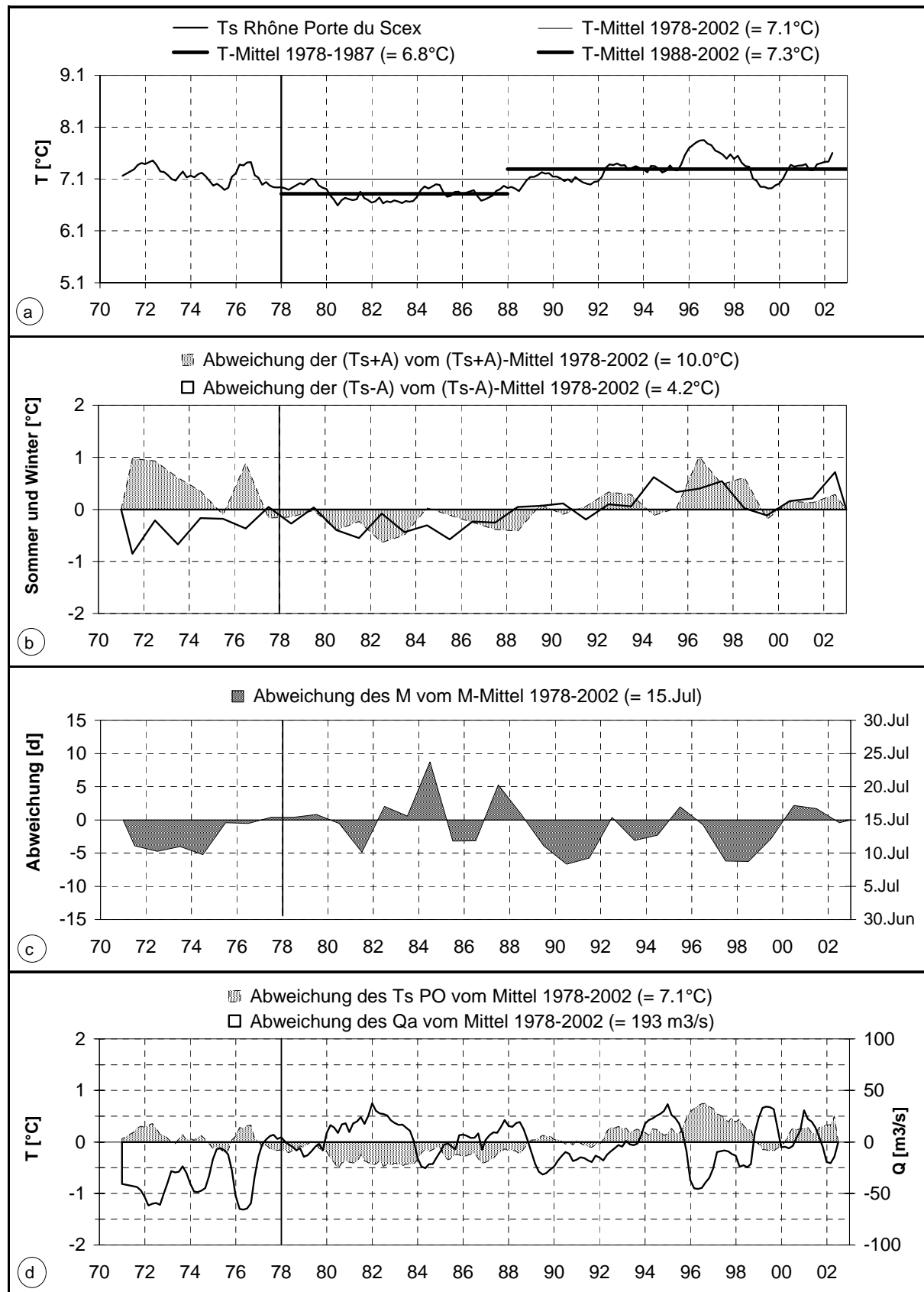


Abb. PO 3. Rhône Porte du Scex: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.24 Rhône Sion

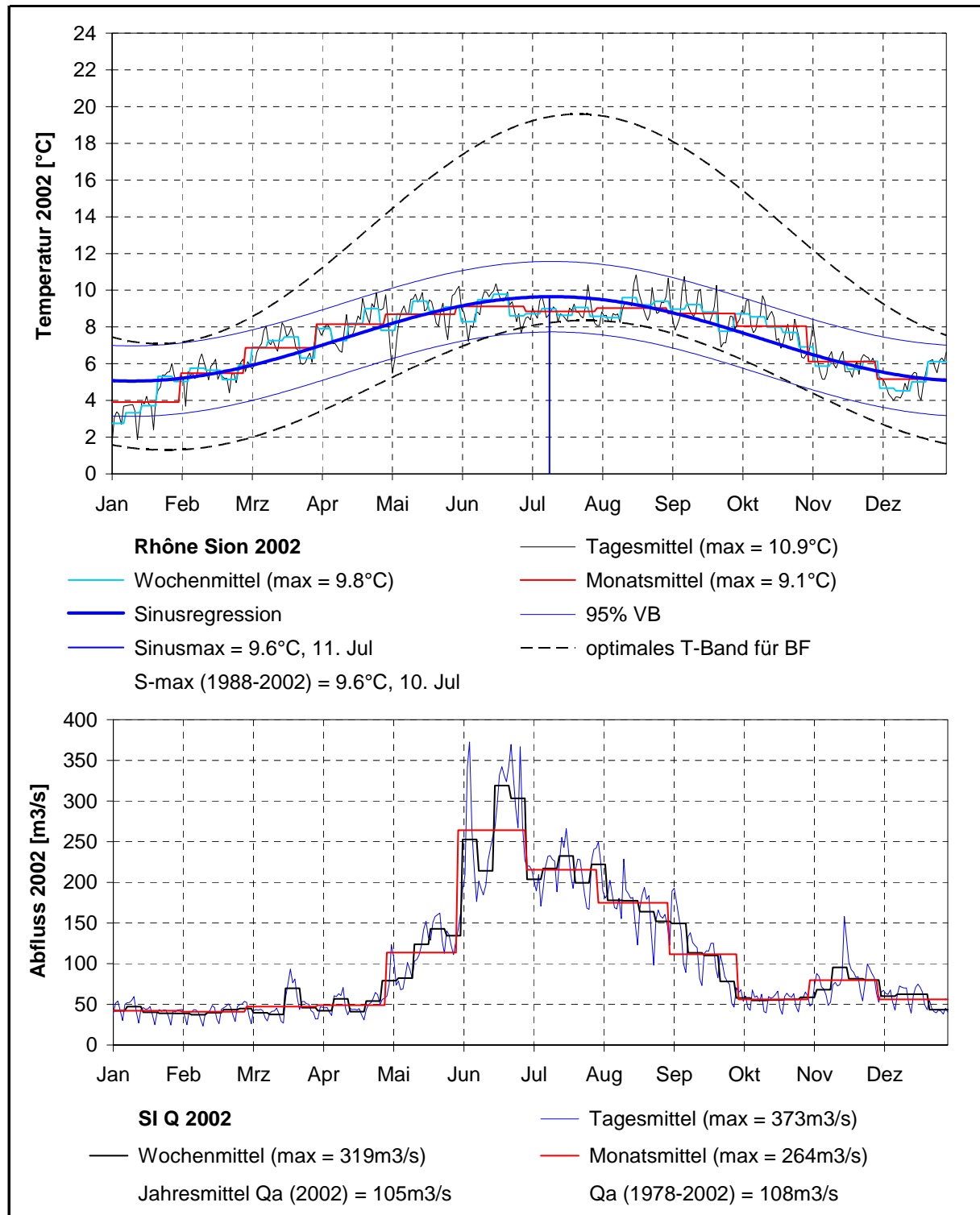


Abb. SI 1. Rhône Sion: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

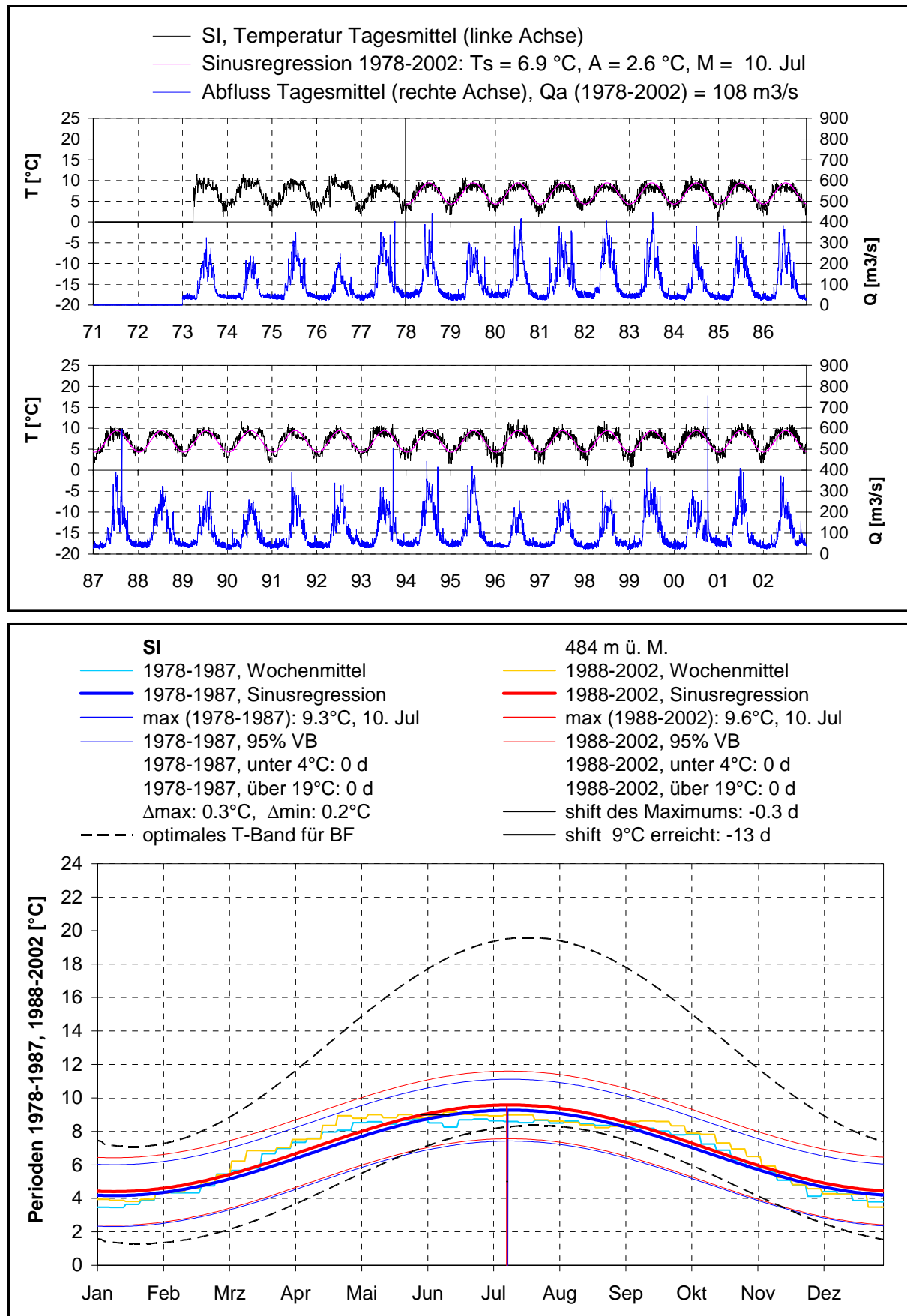


Abb. SI 2. Rhône Sion: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

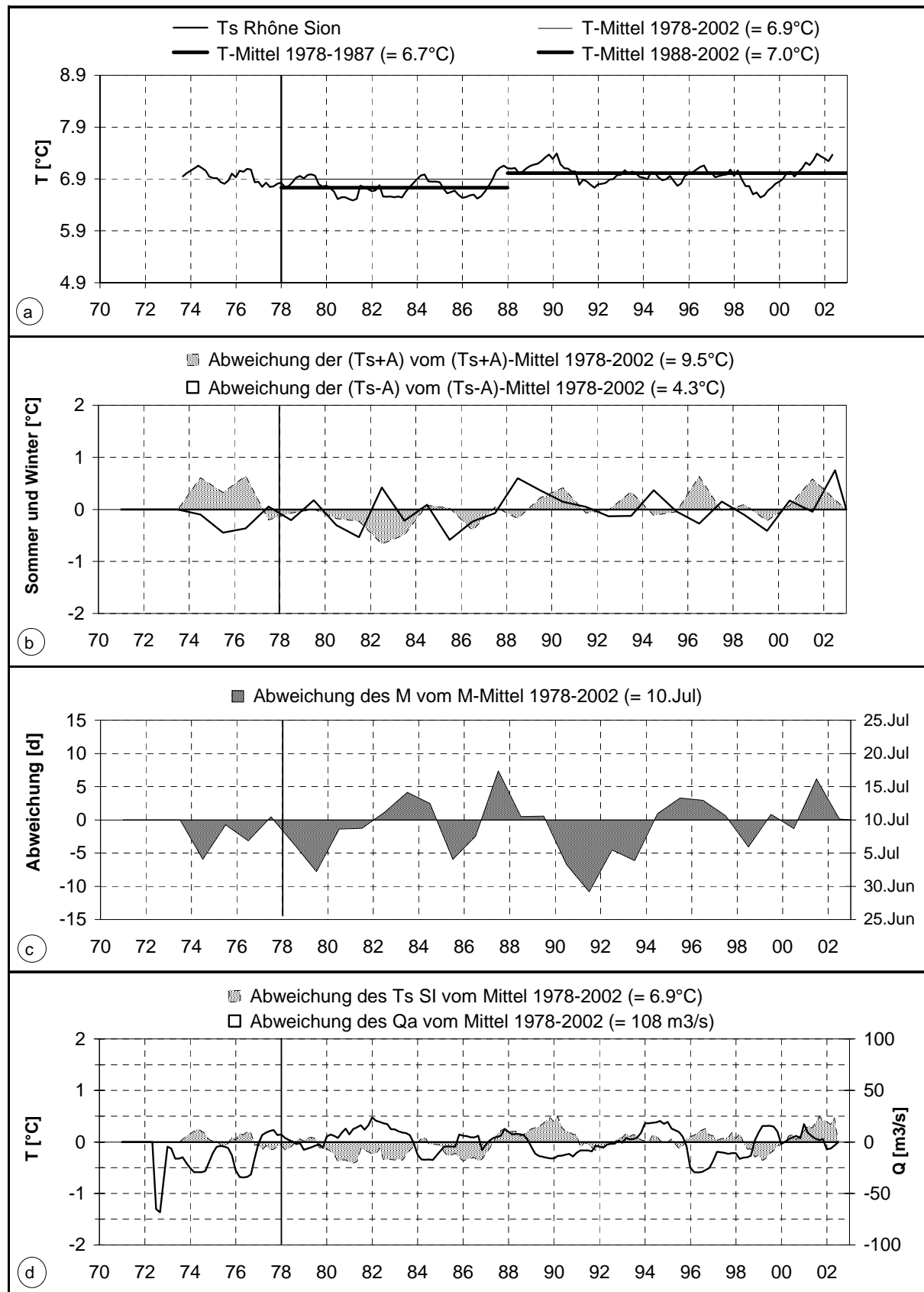


Abb. SI 3. Rhône Sion: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.25 Ticino Riazzino

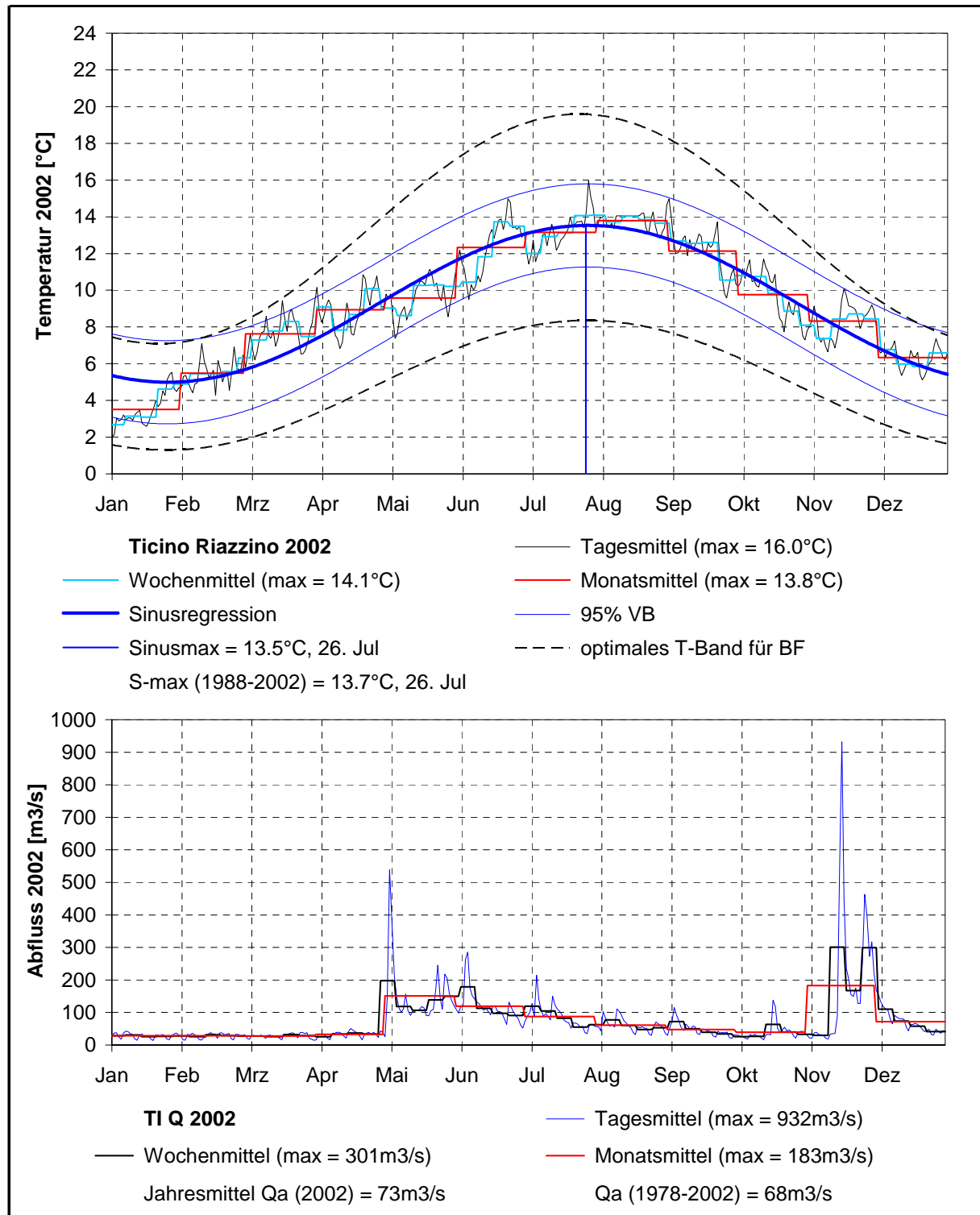


Abb. TI 1. Ticino Riazzino: saisonaler Verlauf von Temperatur und Abfluss während des Jahres 2002.

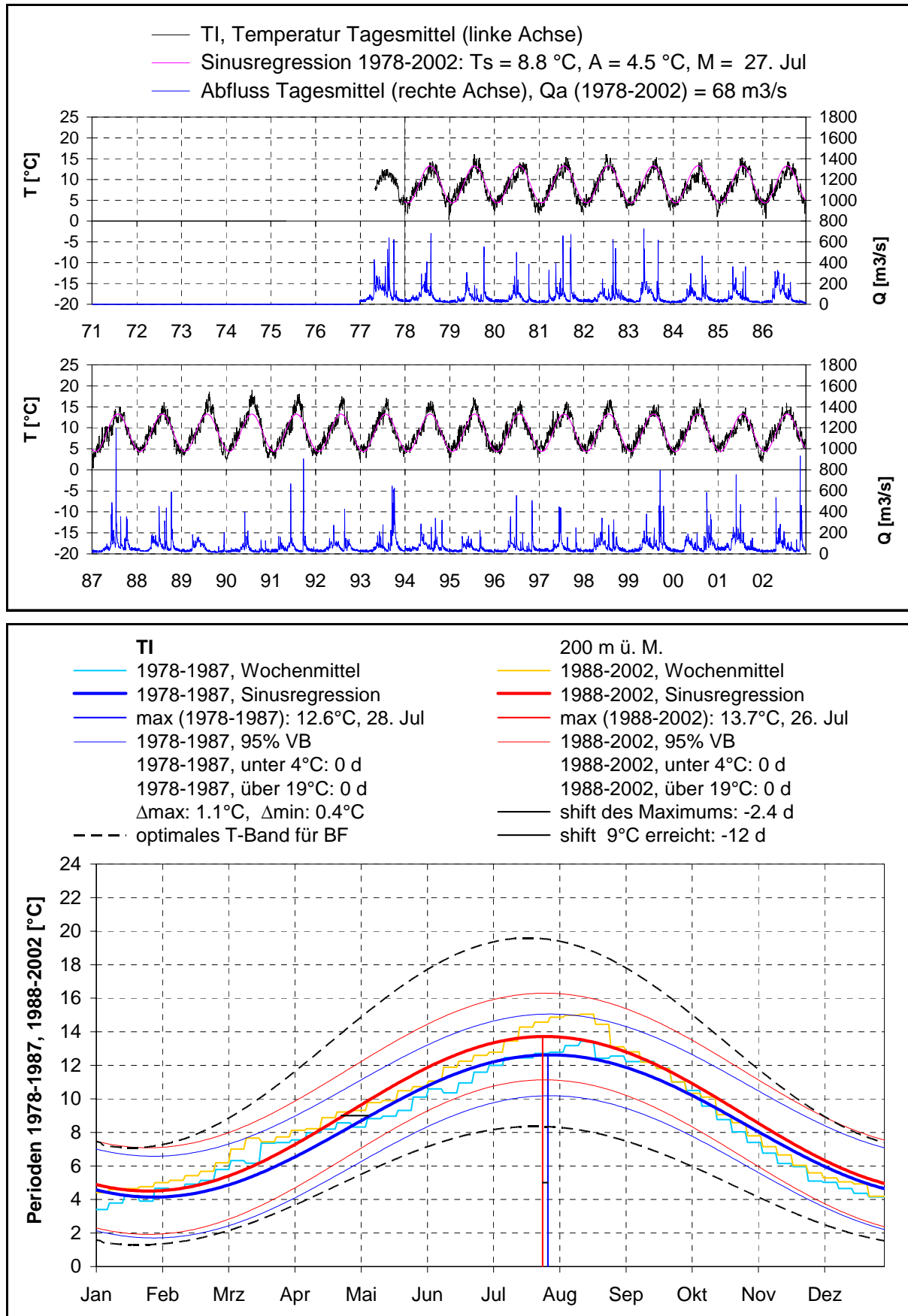


Abb. TI 2. Ticino Riazzino: langjähriger Verlauf (oben) und saisonale Veränderung (unten) zwischen 1978-1987 und 1988-2002.

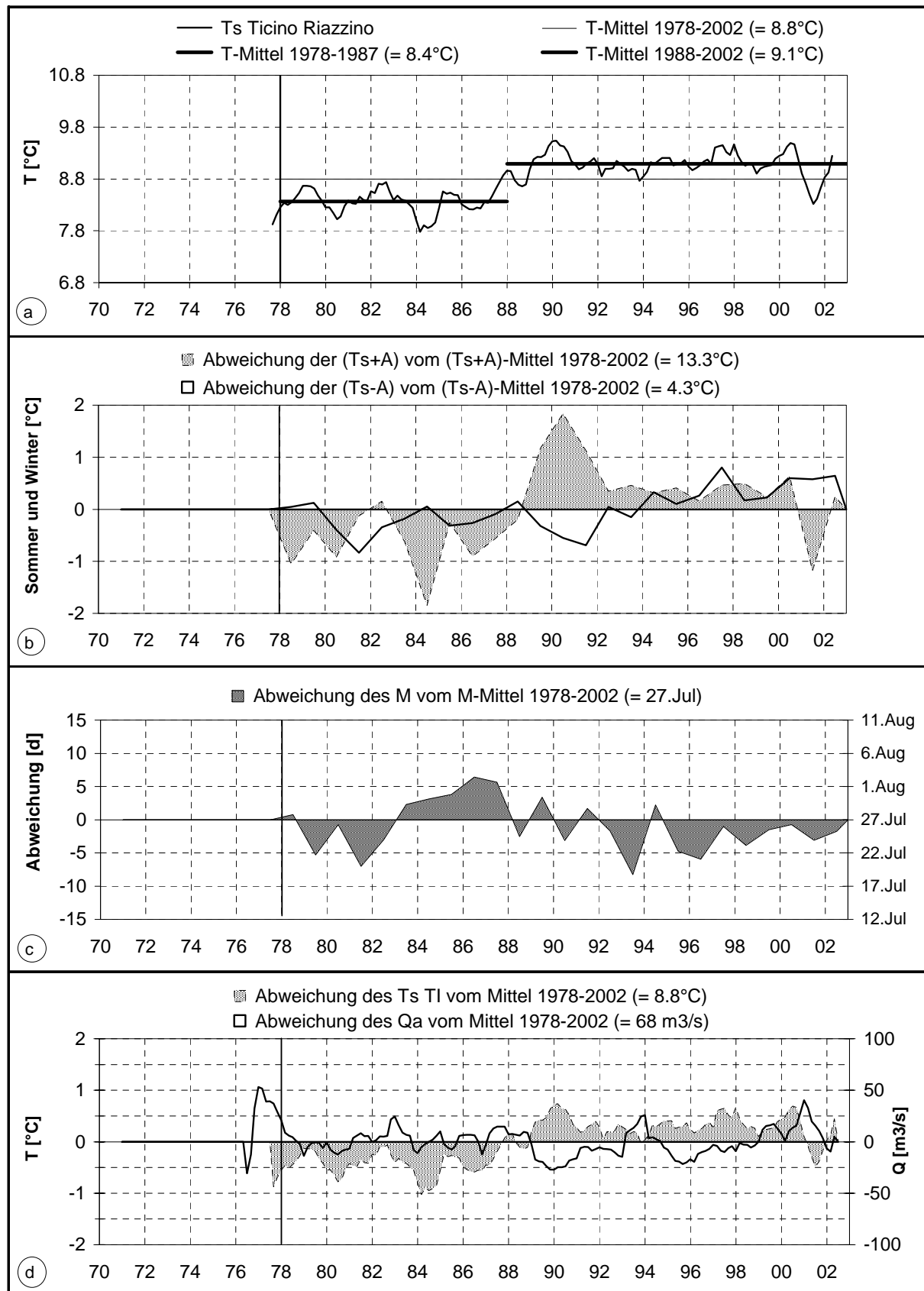


Abb. TI 3. Ticino Riazzino: Abweichung von den langjährigen Mittelwerten, a und d: 12-Monate-Mittelwerte (gleitend in 2-Monate-Schritten), b und c: pro Kalenderjahr.

6.26 Vergleich von Wasser- und Lufttemperatur

