

# Das Klima von Zürich

Gian Alfred Gensler, Zürich

Wetterabläufe erzeugen mannigfache momentane Zustände der Atmosphäre. Der Ausdruck Klima umfasst ihren vieljährigen Gesamteindruck. Er kann als mittleres Wetter oder mittleres Verhalten der Atmosphäre betrachtet werden, umfasst aber auch Häufigkeits- und Extremwerte.

Das Klima der Stadt Zürich und ihrer Umgebung wird von den örtlichen Geländeformen mitbestimmt, welche das grossräumige Klima innerhalb des Westwindgürtels der gemässigten Breiten modifizieren. Die Klimadaten von Zürich, die sich vor allem auf den Standort der Schweizerischen Meteorologischen Anstalt (SMA) beziehen, ergeben ein mässig warmes und feuchtes Klima, bedingt durch überwiegend veränderliches Wetter, was besonders für den Frühling und Frühsommer zutrifft. Recht günstig gestaltet sich der Herbst, der längere Gutwetterabschnitte aufweist. Der Herbst und Winter zeigen im Verlaufe dieses Jahrhunderts eine allmähliche Erwärmung; der Frühling und Sommer sind nach einem deutlich zu warmen und zu trockenen Abschnitt (1942–1953) wieder auf die Norm zurückgekehrt. Die topographische Lage Zürichs vermindert die Durchlüftung und erzeugt dadurch erhöhte lufthygienische Probleme.

## The Climate of Zurich (Switzerland)

Weather systems produce the variety of instantaneous states of the atmosphere. Climate introduces the longer time scales and may be regarded as average weather or long-term state of the atmosphere, including mean values as well as frequencies and extremes.

The urban climate of Zurich and its environment is influenced by local terrain features, modifying the regional macroclimate within the temperate westerly wind belt in mid-latitudes. Zurich climate data, mainly based on the site of the Swiss Meteorological Institute (SMI), show, a temperate, humid climate with prevailing unsettled weather, especially in spring and early summer. Relatively pleasant is autumn with its longer spells of fine weather. Autumn and winter present a gradual increase in temperature during this century; spring and summer are again at a normal stage after the remarkable warm and dry period between 1942 and 1953. Due to local topography the natural ventilation is reduced, causing increased problems in air pollution.

## 1 Klimaunterlagen

Klimabearbeitungen benötigen das Vorliegen von Wetterprotokollen über viele Jahre, die nach internationalen Vereinbarungen regelmässig mindestens dreimal täglich (morgens, mittags und abends) zu fixen Zeiten nach festgelegten Beobachtungsmethoden erstellt worden sind. Für Zürich ist dies seit 1864 der Fall. Temporär wurden auf privater Basis bereits im späten 17. und 18. Jh. Beobachtungen erstellt, von welchen einige nachträgliche Studien vorliegen (J. Maurer 1917, Ch. Pfister 1977, O. Gisler 1984); aus vorinstrumenteller Zeit sind Naturchroniken vorhanden (Anonym 1896, F. Klemm 1974, Ch. Pfister 1984a, 1984b, 1985). Eine erste Darstellung des Zürcher Klimas aufgrund der amtlichen Station ab 1864 ist 1940 erschienen (H. Uttinger). Klimatabellen über das ganze schweizerische Netz liegen von der Schweiz. Meteorologischen Anstalt (SMA, früher MZA) vor (SMA 1960 ff.), welchen eine Monographie über Regionalklimate der Schweiz beigelegt worden ist (M. Schüepp,

Ch. Urfer 1978 für das zentrale und östliche Mittelland). Neben dem erwähnten Tabellenwerk wurde in letzter Zeit am Rechenzentrum der ETH Zürich durch die SMA, Abt. Forschung, eine Klimadatenbank für die Schweiz aufgebaut. Sie beruht auf den Originalprotokollen der Beobachter. Eine Neuüberprüfung dieser Grunddaten hatte zur Folge, dass gegenüber den publizierten Werten gewisse Abweichungen aufgetreten sind.

Vereinbarungsgemäss soll eine Klimanormalperiode 30 Jahre umfassen (z. B. 1931–60); sie ist auf 60 Jahre ausdehnbar (1901–60). Leider lassen sich über solche Zeitabschnitte hinweg kaum unveränderte Lage- und Methodenverhältnisse aufrecht erhalten. Stationsverlegungen (SMA 1949 von der Gloria- zur Krähbühlstrasse), verschobene Beobachtungstermine (ab 1971), neue Instrumente (Automatisation ab 1978) erfordern aufwendige Umrechnungen (Reduktionen) früherer Ergebnisse auf die heutige Lage und Methoden, damit eine möglichst homogene Datenreihe zur Verfügung steht. Die in Tab. 2 bis 5 hier wiedergegebenen Klimadaten können daher nur bestmögliche Näherungen an die heutige Lage der SMA an der Krähbühlstr. 58 und die automatische Station (ASTA) wiedergeben, umgerechnet auf die Zeitspanne 1901–1960 oder 1931–1960.

## 2 Witterungsklimatologie

Unter *Wetter* verstehen wir den augenblicklichen Zustand der Atmosphäre. Dieser kann sich innerhalb weniger Stunden oder erst nach mehreren Tagen ändern, wobei tagesperiodische Wechsel, wie Morgennebel, dann schön tagsüber, gleichwohl einen ähnlichen Wettercharakter ergeben, was einer einheitlichen *Witterung* entspricht. Die einzelnen Witterungslagen werden durch die Dominanz verschiedener Luftmassen (warme, kalte; trockene, feuchte) und die Jahreszeit geprägt; ihre Wetterauswirkungen werden durch die topographische Lage eines Ortes modifiziert (Meso- und Mikroklima).

### 2.1 Klassifikation der Witterungslagen

Die hier verwendete Klassifikation (M. Schüepp, 1979) basiert auf einer täglich für die Mittagszeit erstellten Typisierung des Wetters über der Schweiz und dem angrenzenden Ausland beidseits der Alpen. Sie umfasst drei Teilkollektive:

2.1.1 *Konvektive Lagen* mit geringen Luftdruckgegensätzen auf der Bodenvetterkarte. In der Höhe wehen über der Schweiz ebenfalls schwache Winde unter 30 km/h auf der 500-hPa-Höhenkarte (auf ca. 5500 m ü. M.) oder es herrschen stärkere Winde aus einer der 4 Hauptrichtungen n, e, s oder w. Diese Lagen werden noch unterteilt in:

- Hochdrucklagen (H) mit deutlich übernormaler Höhenlage der 500 hPa Druckfläche über den Alpen,
- indifferente Lagen mit mittleren Höhendruckwerten (F = Flachdrucklage) und
- Tiefdrucklagen (L = Low) mit niederem Luftdruck in der Höhe (Höhentief).

2.1.2 *Advektive Lagen* mit grösseren horizontalen Druckgegensätzen mit Winden aus einer einheitlichen Richtung N, E, S oder W, sowohl am Boden als auch in der Höhe. Bei gleichgerichtetem Isobarenverlauf unten und oben wird der Index p (parallel) der Richtung angehängt (z. B. Wp); bestehen dagegen Richtungsunterschiede von mehr als 45 Grad, bestimmt die Höhenströmung die Richtungsklasse, welcher der Index x beigelegt wird. Bei einem Höhensturm über 90 km/h deutet der Index j auf einen Jetstream über der Schweiz hin. Liegen solche Strömungslagen innerhalb des Einflussbereiches eines Höhenhochs, wird das Vorzeichen + der Richtung vorangestellt, andernfalls ein –; bei Jetlagen entfällt das Vorzeichen.

Bereits mit diesen zwei Kollektiven liessen sich für die Jahre 1945–70 je 46% aller Tage klassieren. Die restlichen 8% fielen auf die hier nicht weiter berücksichtigten Mischlagen. Von den mit dieser Klassifikation möglichen 40 Wetter- und Witterungslagen sind in Tab. 1 20 charakteristische Typen enthalten. Sie repräsentieren im Winter (Dezember bis Februar) 71 und im Sommer (Juni bis August) 72% aller Tage. Die durchschnittliche Dauer der Witterungslagen in dieser schweizerischen Alpenwetterstatistik betrug 3,8 Tage (1946–79, F. Fliri 1981); knapp  $\frac{2}{3}$  aller Lagen dauerten zwischen 3 und 5 Tagen.

## 2.2 *Witterungsklimatologie von Zürich*

In Tab. 1 sind für die Jahre 1945–70 die den 20 ausgewählten Witterungslagen zugehörenden Mittelwerte für die SMA Zürich, Messfeldhöhe 556 m ü. M. am Abhang des Zürichberges, wiedergegeben (M. Schüepp 1979). Der Lagebezeichnung folgen: ihre Häufigkeit (f) in %, die Lufttemperatur (T) um 13 h MEZ (14 h MESZ) in °C, die Sonnenscheindauer (S) in Std. pro Tag, die Niederschlagsmenge (R) in mm Wasserhöhe (= Liter/m<sup>2</sup>) und die Zahl der Tage (RD) mit mindestens 1,0 mm, ausgedrückt in % aller Tage mit diesem Witterungstyp (auch als Niederschlagsbereitschaft bezeichnet). Beide Niederschlagsangaben beziehen sich auf die 24 Std. zwischen 07 h des Kalendertages bis 07 h des Folgetages. Infolge der Dominanz der Höhenwinde aus Westen wurden hier ungleiche Öffnungswinkel der Richtungssektoren gewählt: nur 45° für West, je 90° für Nord (NW+N) und Süd (S+SW) und 135° für Ost (NE+E+SE).

Tabelle 1 Witterungsklimatologie von Zürich aufgrund der Alpenwetterstatistik 1945–1970 der Hauptwetterlagen im Winter und Sommer.

Table 1 Weather type characteristics for Zurich, based on the classification on airflow types over the Swiss Alps 1945–1970, of the main types for winter and summer.

Typ	Winter (Dez.–Feb.)					Sommer (Juni–Aug.)				
	f %	T ° C	S Std.	R mm	RD %	f %	T ° C	S Std.	R mm	RD %
konvektiv										
+Ho	1,8	4,5	4,0	0,3	5	6,2	27,6	11,4	1,5	18
+Hw	1,2	7,0	3,6	0,9	11	4,5	26,2	10,3	2,8	26
+Hn	4,5	5,1	3,2	0,8	19	4,8	26,3	12,2	0,5	9
Fo	2,3	0,1	1,6	0,5	9	7,5	23,1	8,2	3,1	31
Fw	3,2	3,5	1,9	3,1	46	12,5	21,9	8,0	4,3	47
Fn	4,4	2,9	2,3	1,8	37	7,0	22,4	10,1	2,1	14
–Lw	1,9	1,0	2,1	3,2	45	3,2	17,5	5,8	4,7	59
–Ln	1,1	–0,8	1,2	3,8	44	0,9	17,6	6,7	3,8	41
advektiv										
Wj	4,2	5,2	1,1	8,7	82	0,9	17,5	5,2	5,1	67
+Wp	3,2	7,5	2,3	4,8	61	1,0	26,7	9,1	3,0	35
–Wp	2,6	4,7	1,4	4,7	70	2,0	18,4	4,7	11,3	83
–Wx	3,7	–0,6	1,5	2,2	45	5,1	17,0	5,3	4,0	50
Nj	7,8	2,8	1,4	5,6	61	0,8	16,3	5,3	2,4	40
–Np	2,2	–0,3	0,7	5,0	77	1,8	14,8	2,8	5,3	62
+Nx	6,6	3,4	2,3	1,5	28	3,4	22,0	10,2	0,5	11
–Nx	7,2	–1,2	1,2	1,8	44	6,6	16,9	5,9	2,4	31
+Ep	2,6	–1,6	2,1	0,2	7	0,4	19,6	8,1	3,0	10
–Ep	4,1	–3,1	1,6	0,9	21	1,1	15,3	3,5	4,0	40
+Sp	2,5	6,0	2,5	1,6	25	1,5	26,1	8,8	8,1	54
–Sp	3,7	3,5	1,7	1,9	40	0,9	19,5	3,5	8,8	82
Mittel										
40 Lagen	100,0	2,0	1,8	2,6	36	100,0	21,1	7,3	4,2	42
Max S			8,3					14,2		

Die zumindest in Bodennähe windschwachen konvektiven Lagen erzeugen vornehmlich eigenbürtige (autochthone) Wettererscheinungen. Sie sind im Sommer am häufigsten, wogegen die Windwetterlagen im Winter dominieren. Ausgehend vom Gesamtmittel aller 40 Witterungslagen, zuunterst in Tab. 1, lassen sich für die drei wichtigsten Klimaelemente die witterungsklimatologischen Charakteristika der einzelnen Wettertypen erkennen, getrennt für Winter und Sommer; so sind Westlagen erwartungsgemäss zu niederschlagsreich, im Winter zu mild, im Sommer jedoch zu kühl, wie es maritimem Klima entspricht. Bei einer über uns üblichen Wärmeabnahme von 0,5 K auf 100 m Anstieg lassen sich aus den Temperaturabweichungen für die einzelnen Lagen

auch die damit verbundene Höhenlageverschiebung der Schneefallgrenze gegenüber der Jahreszeitenorm abschätzen. Ostlagen sind zwar trocken, aber in jeder Jahreszeit zu kühl, häufig ist hier eine Genuazyklone im Spiel ( $-Ep$ ), welche bis über die Nordschweiz hinaus ein zyklonales Wettergepräge verursacht. Hochdruckbeeinflusste Bisenlagen ( $+Ep$ ) bringen vorwiegend kühle Luftmassen aus dem Baltikum und Westrussland (Nordostwinde), eine Zufuhr wärmerer Luft aus E oder gar SE im Sommerhalbjahr ist selten.

*Zusammengefasst* ergibt die witterungsklimatologische Betrachtungsweise für Zürich im Winter an rund 70% aller Tage die Zufuhr fremdbürtigen (allochthonen) Wetters, wobei 40% allein auf die Advektion mildfeuchter Meeresluftmassen aus West bis Nord fallen. Die windschwachen Lagen ermöglichen oft die Bildung von Nebel oder tiefem Hochnebel. Im Sommer gehören 60% aller Tage dem windschwachen Typus an, allein 35% den indifferenten Lagen mit tagesperiodischer Bildung von Konvektionsbewölkung mit gelegentlichen Wärmegewittern.

### 3 Klimanormalwerte für Zürich

Tab. 2 enthält für die Region Zürich die Klimadaten der Doppelperiode 1901–60, bezogen auf die heutigen Stationslagen, Instrumentierung und Umgebung (Siedlungsdichte, Stadtgrösse etc., s. a. Abschn. 1).

#### 3.1 Temperatur der Luft

Sie wird strahlungsgeschützt in 2 m über begrastem Boden gemessen; der automatische Messwertgeber wird zudem künstlich belüftet. Die mittlere Jahresamplitude von 18 K weist auf noch mässige ozeanische Klimaeinflüsse hin. Nach Osten nimmt diese Temperaturspanne auf 25 K in der Ukraine und 40 K bei rund  $50^\circ$  östlicher Länge zu, vor allem bedingt durch viel kältere Winter; an der europäischen Westküste reduziert sie sich dagegen auf 10 K. Der Flughafen Kloten, Messort bei Oberglatt, zeigt infolge seiner offenen Talbodenlage trotz 120 m tieferer Lage nur im Sommer unwesentlich höhere Wärmegrade als die SMA, bei ruhigem Wetter bilden sich dort oft Kaltluftseen, was sich besonders bei den mittleren Tagesminima (meist am frühen Morgen eintretend) bemerkbar macht. Die zusätzliche Erwärmung durch die Stadt (Abwärme, Wärmeretention durch die Bauten, Durchlüftungsmangel) konnte noch deutlicher mit der jetzt aufgehobenen Station im früheren Botanischen Garten auf der Katz (heute Völkerkundemuseum) erfasst werden: die Tagesmittel und -minima lagen 1,8, die Tagesmaxima im Winter 1,3, im Sommer 2,4 K höher als gleichzeitig auf dem Flughafen. Die erst vor 15 Jahren begonnenen Ablesungen bei der Bahnstation auf dem Uetliberg lässt die Temperaturabnahme mit der Höhe erkennen, wobei ein Vergleich mit der SMA infolge eher vergleichbarer Topographie zweckdienlicher ist. Die mittleren Tagesmi-

Table 2

Climatological normals for Zurich area, referred to 1901–1960. M. = Mean

6

Zürich-SMA	ASTA												Südhang Jahr
	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	556 m ü. M. Aug. Sep.		47° 23' N / 08° 34' E Okt. Nov. Dez.			
Temperatur °C													
Mittel Monat	- 1,0	0,2	3,9	7,7	12,1	15,6	16,7	16,0	12,9	7,8	3,0	0,0	7,9
M. Tages-Max.	1,6	3,8	8,2	12,2	17,1	20,1	21,8	21,0	17,9	11,7	6,1	2,5	12,0
M. Tages-Min.	- 2,9	- 2,3	0,5	3,7	7,8	10,9	12,5	12,1	9,3	6,0	0,8	-1,8	4,7
M. Monats-Max.	10,5	13,1	19,1	23,6	28,3	30,4	32,3	31,4	27,6	21,7	15,2	11,6	33,1
M. Monats-Min.	- 9,8	- 9,4	-5,2	- 1,5	1,9	6,7	8,7	8,1	4,5	-0,2	- 3,9	-8,0	-12,5
rel. Feuchte %	83	78	71	68	69	69	70	73	78	82	84	84	76
Niederschlag mm	68	61	69	88	107	138	139	132	101	80	72	73	1128
Tage ab 1 mm	11,1	9,8	10,6	12,0	12,8	13,2	13,0	12,8	10,5	10,1	10,2	10,9	137,0
N.-Stunden	97	89	86	104	107	110	102	97	87	98	89	86	1152
Sonne Std.	47	80	147	159	180	181	202	193	153	101	53	37	1533
relativ %	19	30	42	41	41	41	45	47	43	32	21	16	37
Globalstrahlung (GS) ASTA 1981–85 in kWh/m <sup>2</sup> :													1107

Zürich-Flughafen	ASTA												Ebene Jahr
	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	436 m ü. M. Aug. Sep.		47° 29' N / 08° 32' E Okt. Nov. Dez.			
Temperatur °C													
Mittel Monat	- 1,2	0,0	3,9	7,7	12,1	15,1	16,9	16,2	12,9	7,7	2,8	- 0,1	7,8
M. Tages-Max.	1,5	4,3	8,6	12,9	17,4	20,6	22,4	21,5	18,1	12,1	5,7	2,3	12,3
M. Tages-Min.	- 3,8	- 3,4	-0,1	2,7	6,9	9,8	11,5	11,3	8,2	4,4	0,3	- 2,0	3,8
M. Monats-Max.	9,2	11,5	17,6	22,2	26,3	29,1	31,3	30,1	26,5	20,8	15,3	11,0	32,1
M. Monats-Min.	-12,0	-10,4	- 6,8	- 2,8	0,3	5,3	7,7	6,8	3,5	- 0,7	- 5,0	- 9,7	-15,4
rel. Feuchte %	84	81	74	70	71	72	72	75	80	84	85	85	78
Niederschlag mm	65	60	60	73	91	125	128	118	89	72	68	70	1019
Tage ab 1 mm	11,0	9,3	9,8	10,9	11,9	12,2	12,3	12,0	10,0	9,7	9,9	10,5	129,5
Sonne Std.	48	77	140	148	173	181	207	190	139	82	43	32	1460
relativ %	18	28	40	37	39	40	45	45	39	26	16	13	34
GS kWh/m <sup>2</sup>	25	45	82	113	153	165	182	138	104	62	28	19	1116
relativ %	46	54	56	55	60	64	65	62	62	56	47	40	56
Diffus/GS %	77	66	59	55	50	50	44	50	50	57	69	80	53

Gian Alfred Gensler

Zürich-Uetliberg		konvent.											814 m ü. M.		47°21' N / 08°29' E			Berggrat
		Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.			Jahr		
Temperatur	°C																	
Mittel Monat		– 2,5	– 1,5	2,2	6,0	10,5	13,5	15,3	14,9	11,9	6,7	1,7	– 0,8			6,5		
M. Tages-Max.		– 0,6	1,0	5,7	9,8	15,1	18,1	19,4	19,0	15,6	9,5	4,2	1,6			9,9		
M. Tages-Min.		– 4,2	– 3,4	– 0,6	2,8	7,0	9,8	11,9	11,7	9,0	4,7	– 0,1	– 2,7			3,8		
rel. Feuchte	%	87	81	76	71	71	75	75	76	79	84	88	85			79		
Niederschlag	mm	69	61	67	85	106	133	138	130	100	77	70	71			1107		
Tage ab 1 mm		11	9	10	12	12	13	13	12	10	10	10	11			133		
Sonne	Std.	70	96	127	142	177	168	200	189	168	118	74	50			1579		
relativ	%	26	34	35	35	38	39	45	46	45	36	27	20			38		

nima zeigen infolge der auch zwischen der SMA und dem Uto möglichen Inversionen (s. a. Abschn. 4.3) geringe Differenzen.

### 3.2 *Relative Luftfeuchtigkeit*

Dank genügender Niederschläge und damit gewährleisteter Verdunstungsmöglichkeit der Böden und Pflanzen sind diese Prozentwerte recht hoch, was sich besonders während der Vegetationszeit für die Waldstation Uetliberg zeigt.

### 3.3 *Niederschläge*

Der Jahresgang der Ergiebigkeit in mm Wasserhöhe (bzw. Schmelzwasser bei Schnee) weist ein für Mitteleuropa typisches Sommermaximum auf, bedingt durch die dann zusätzlichen Konvektionsregen. Üblicherweise nehmen die Mengen mit der Höhe und der Annäherung an die zusätzlich Steigungsregen (Stau) auslösende Nordalpenkette zu. Dies stimmt für Zürich gegenüber Kloten, nicht aber für den Uto, da bei starken Winden über dem Berggrat besonders bei Schneefall und kleintropfigem Regen die messtechnische Schwierigkeit entsteht, dass der Niederschlag fast horizontal über das Sammelgefäss hinweg streicht. Demgegenüber wurde im windgeschützten alten Botanischen Garten in der City eine Jahressumme von 1185 mm gemessen, 57 mm mehr als für die SMA.

Der Quotient aus Monatsmenge und Tagen bzw. Stunden mit Niederschlag ist im Sommer höher als im Winter und markiert die intensiveren Regen dank zusätzlicher Konvektion im Sommer; in Locarno fallen in nur 1064 Std. sogar 1803 mm im Jahr (H. Uttinger 1962).

### 3.4 *Sonnenscheindauer*

Der ausgeprägte Jahresgang der Besonnungsdauer ist nicht nur die Folge der von der Sommer- zur Wintersonnenwende an der SMA von 14,5 auf 7,5 Std. zurückgehenden maximal registrierbaren täglichen Sonnenscheindauer, sondern auch der zusätzlichen winterlichen Nebeldecken, die sich über dem Glattal noch etwas häufiger einstellen als über Zürich. Betragsmässig wird dies durch die relative Sonnenscheindauer, dem Verhältnis zwischen der tatsächlich gemessenen und der bei dauernder Wolkenlosigkeit maximal möglichen, in % ausgedrückt, erfasst, die in Kloten vom November bis Januar nicht einmal 20% erreicht. Von den etwas über 100 Tagen im Jahr mit morgendlichen Nebel- oder Hochnebefeldern über dem östlichen Mittelland weisen knapp  $\frac{1}{3}$  eine Obergrenze (Nebelmeer) um oder unterhalb 800 m ü. M. auf (G. Gensler 1978), was für den Uetliberg das Winterminimum etwas anhebt (approximierte Werte aus Umrechnungen von Bewölkungsstatistiken, ohne Beschattungsabzug durch Bäume). Am unteren Genfersee, im Wallis und Süd-



tessin steigen im Hochsommer die Beiträge der relativen Sonnenscheindauer in den günstigeren Bereich zwischen 55 und 65%; im Winter liegen Gipfel und Alpentäler bei 45–50%.

### 3.5 Globalstrahlung (GS)

Die erst mit der Inbetriebnahme der automatischen Stationen (ASTA) eingeführte Routinemessung der auf einer horizontalen Fläche auffallenden direkten und diffusen Wärmestrahlung in kWh/m<sup>2</sup> zeigt einen deutlichen Jahresgang, wobei hier nebst der Tagesdauer und der Wolkenmenge auch noch der Einfallswinkel der Sonne mitspielt. 100% relative Globalstrahlung entsprechen auch hier einem dauernd wolkenfreien Himmel und sehr klarer Luft. Die tatsächliche relative Globalstrahlung weist besonders im Winter höhere Werte auf als die relative Sonnenscheindauer, da wenigstens ein Teil der diffusen Komponente tagsüber auch durch eine geschlossene Wolkendecke den Boden erreicht. Dieser diffuse Anteil zur Globalstrahlung (GS/Diff.) ist deshalb im Winterhalbjahr am grössten (Kloten). Bereits von 1939 bis 1942 wurden an der früheren SMA an der Gloriamstrasse Globalstrahlungsmessungen durchgeführt, die als Jahressumme 1217 kWh/m<sup>2</sup> ergaben (jetzt 1107), ein möglicher Hinweis auf eine Zunahme von Luftfremdstoffen (s. auch Abschn. 4.3).

## 4 Ergänzende Klimadaten für Zürich-SMA

Tab. 3 bis 5 enthalten zusätzliche Angaben, wobei Extremvorkommnisse bis zum Jahr 1985 berücksichtigt worden sind; Messwerte vor 1949 (alter Standort SMA) werden unverändert übernommen.

### 4.1 Einige Extremwerte (Tab. 3)

Die bisher *kältesten* Wintermonate (1929, 40, 63, 85) entsprechen den mittleren Verhältnissen auf 35–40° östlicher Länge auf unserem Breitengrad. Andererseits sind *Hochsommerwärmegrade* möglich, wie sie sonst nur am Alpensüdfuss, im Juli 1983 (22,1°C) in dieser Höhenlage erst in Perugia (43°N) in Italien, üblich sind. Die ersten Messjahre 1864–1900 ergaben für einige Monate und Jahre noch grössere Anomalien (H. Uttinger 1940):

sehr warm:		sehr kalt:	
April 1865	12,9°C	März 1865	–0,5°C
Mai 1868	18,7°C	Dez. 1879	–8,6°C
Juni 1877	19,9°C		
Dez. 1868	5,7°C		
Jahr 1868	10,0°C	Jahr 1879	7,1°C

Tabelle 3 Einige Extremwerte 1901–1985 für Zürich-SMA

Table 3 Some extreme values 1901–1985 for Zurich-SMI

	Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Temperatur °C													
wärmster Mon.	3,6	5,8	8,5	11,5	15,2	18,5	22,1	20,3	17,6	11,9	7,4	4,1	9,7
kältester Mon.	- 6,2	- 8,7	0,7	4,2	7,9	11,6	14,0	13,4	8,3	3,7	0,1	- 4,7	7,2
wärmster Tag	12,7	13,1	15,5	19,9	23,4	26,1	27,5	26,1	22,6	20,0	16,8	13,4	27,5
kältester Tag	- 16,9	- 20,4	- 11,6	- 3,5	0,2	2,3	7,7	8,2	2,9	- 3,0	- 9,7	- 13,9	- 20,4
absol. Maximum	16,3	18,5	22,8	29,5	32,1	35,1	36,8	35,2	31,9	28,7	23,8	17,0	36,8
absol. Minimum	- 19,5	- 24,9	- 14,4	- 6,9	- 2,4	0,9	5,3	3,8	- 0,6	- 6,2	- 11,8	- 19,1	- 24,9
rel. Feuchte %													
feuchtester Mon.	92	87	84	81	77	79	81	82	85	88	93	91	81
trockenster Mon.	76	69	62	62	62	60	60	60	67	75	74	77	72
absol. Minimum (1901–1948)	26	28	18	16	20	22	18	14	21	20	27	25	14
Niederschlag mm													
nässester Mon.	180	289	170	210	278	257	274	295	254	232	235	185	1561
trockenster Mon.	15	5	8	17	26	34	27	31	12	1	7	2	705
nässester Tag	54	46	45	47	90	97	61	97	103	49	72	62	103
Sonne Std.													
hellster Mon.	80	156	249	253	298	301	393	334	254	197	118	89	2142
trübster Mon.	12	31	50	90	71	119	124	127	77	35	12	11	1282
Luftdruck hPa													
900+ (1901–1970)	50,7	49,2	48,2	47,6	49,2	51,0	51,6	51,4	52,1	50,8	49,2	49,2	50,0
absol. Maximum	76,0	75,4	70,8	67,8	67,4	63,9	63,5	63,8	66,4	68,7	72,0	74,0	76,0
absol. Minimum 569.3 m ü. M.	9,9	15,0	12,8	21,6	24,8	31,9	32,4	33,0	28,6	22,4	13,1	8,6	8,6

Für Heizungs- und Lüftungsfragen (Klimatisierung) interessiert eher die mögliche Spannweite der aus den 3 Terminbeobachtungen von 07, 13 und 21 h (ab 1971 19 h) auf 24 Std. umgerechneten Tagesmittel (wärmster und kältester Tag in Tab. 3). Die mildesten Hochwintertage können somit deutlich wärmer sein als die kühlestn Hochsommertage. Die absoluten Extreme sind Momentanwerte und erfassen alle 24 Stunden eines Tages (Extremthermometer, Registrierungen).

Bei der *relativen Luftfeuchtigkeit* verhindern die hohe Verdunstung bei Schönwetter im Sommer und die Bisenhochnebel im Winter grosse Sprünge in den Monatsmittelwerten. Die Minima sind meistens Vorstössen des Alpenföhns aus dem Glarnerland oder der Innerschweiz bis über Zürich hinaus zuzuschreiben. Grössere Ausschläge ergäben sich mit einer absoluten Feuchtigkeitsgrösse, wie z. B. dem Dampfdruck, der bei einem mittleren Jahresgang zwischen 5 und 15 hPa (Winter/Sommer) Extremwerte zwischen 2 und 20 hPa alljährlich erreichen kann. Tage mit mehr als 18,8 hPa Dampfdruck werden als schwüle Tage definiert; Zürich weist deren 10 im Jahr auf (Basel 25–30, Südtessin 35–40). Der Sättigungswert der relativen Luftfeuchtigkeit wird mehrmals jährlich erreicht.

*Niederschlagsmengen* variieren am stärksten; auch nach 100 Messjahren können markant höhere Rekordwerte auftreten, welche statistischen Wiederkehrperioden von mehreren Jahrhunderten entsprächen. Dem einzigen Tag dieses Jahrhunderts mit mehr als 100 mm (21.9.1968) stehen die 172 mm vom 11.6.1876 und die 137 mm vom 3.6.1876 einsam gegenüber (H. Uttinger 1940, J. Zeller 1977). Die Monatssumme des Juni 1876 mit 430 mm und das Jahrestotal von 1988 mm für 1876 halten bis heute den Rekord seit Messbeginn 1864. Über mehrtägige Starkregen für Zürich orientiert J. Zeller (1977), über lange Trockenperioden N. Kuhn (1973). Der 21.9.1968 ergab übrigens in Dietikon mit 127 mm den Höchstwert der Region Zürich, gefolgt vom Milchbuck (Irchel) mit 124 mm; um 100 mm Tageswert kamen in diesem Raum noch am 25.6.1953 und 28.6.1973 zustande.

Bei der *Sonnenscheindauer* entstanden neue Höchstwerte für den sonst trüben Winter erst in jüngster Zeit: November 1981 und 1986 (118 bzw. 110 Std.) und Dezember 1985 (89 Std.); 1983 hatte das bisherige Januarmaximum egalisiert. Andererseits wartete 1980 mit einem neuen Juni- und Juliminimum (119 bzw. 124 Std.) auf, was auch zu einem neuen Jahresminimum von nur 1282 Std. führte und so die neueren Minima von 1977 (1319 Std.) und 1978 (1314 Std.) erneut unterbot. Wahrscheinlich ist an diesen neuen Minima der neue, ab 1978 massgebende automatische Messfühler mitbeteiligt, da temporär Mindersummen bis über 5% gegenüber den konventionellen Geräten festgestellt worden sind. Die höchsten Juli, August und Jahressummen entstammen dem Hitzesommer 1911.

Der *Luftdruck* unterliegt einem unbedeutenden Jahresgang, weit mehr jedoch kurzfristigen, wetterbedingten Schwankungen. Der maximale Streubereich fällt mit über 60 hPa (= mbar) auf den Winter mit seinen markanten at-

lantischen Tiefdruckwirbeln und mächtigen osteuropäischen Kaltlufthochs. Die mittleren monatlichen Extrema entsprechen rund  $\frac{2}{3}$  der tabellierten monatlichen extremen Spannweite. Da in der Höhenlage der Region Zürich eine Höhenänderung von 100 m eine Druckänderung von 11,5 hPa zur Folge hat, entsprechen die monatlich zu erwartenden Luftdruckwechsel von rund 20 hPa im Sommer und 35 hPa im Winter einer scheinbaren Höhenänderung von lediglich 230 bzw. 400 m. Der auf Meereshöhe reduzierte mittlere Jahresluftdruck von Zürich ergibt 1017,5 hPa; diese Rechengrösse schwankte bisher zwischen 972 (2.12.1976) und 1046 hPa beim Anwenden der internationalen Standardatmosphäre; wurde die momentane Aussentemperatur in die Rechnung eingesetzt, war am 15.2.1959 das Ergebnis 1048 hPa. Es muss auf den 16.1.1882 zurückgegangen werden, um einen noch um 4 hPa höheren Luftdruckwert für Zürich zu finden.

Zu welchen Abnormitäten auch das frühere, durch keine anthropogenen Einflüsse merklich modifizierte Zürcher Wetter fähig war, zeigen einige der unter 1 zitierten Witterungsaufzeichnungen und Naturchroniken. Zwar fehlen weitgehend Instrumentenwerte, doch vermögen Terminangaben über extrem frühe oder späte Schneefälle, Reifbildungen, Frostschäden, Schneedeckendauer, Seevereisungen, Blüh- und Erntetermine wertvolle Vergleiche mit heute zu geben. Sie zeigen, dass die natürliche Schwankungsbreite unseres Klimas, namentlich seiner Extremwerte, von den Statistiken des 20. Jahrhunderts unzureichend erfasst wird (Ch. Pfister 1977).

#### 4.2 Weitere Klimawerte für Zürich-SMA (Tab. 4)

Aus den publizierten Klimadaten für die Schweiz (SMA 1960 ff.) lassen sich für Zürich weitere Normalwerte entnehmen, bezogen auf die Periode 1931–60, ergänzt durch einige Extreme bis 1985. Nachfolgend eine Erläuterung der Begriffe in Tab. 4:

- Eistage: Tagesmaximum bleibt unter 0,0 °C
- Frosttage: Tagesminimum geht unter 0,0 °C
- Sommertage: Tagesmaximum erreicht 25,0 °C und mehr
- Hitzetage: Tagesmaximum erreicht 30,0 °C und mehr
- heitere Tage: Bewölkungsmittel aus den 3 Terminen bleibt unter 20 %
- trübe Tage: Bewölkungsmittel übersteigt 80 %
- sonnige Tage: relative Sonnenscheindauer über 50 %
- Nebeltag: horizontale Sichtweite zeitweise unter 1000 m
- Hochnebeltag: Sichtweite immer über 1 km unter einer abgehobenen Nebeldecke
- Nahgewitter: Bliztätigkeit innerhalb 3 km um die Station (Donner innerhalb 10 s)
- Schneefall: Regen mit Schnee vermischt oder nur Schneefall von 0,3 mm Wasserwert und mehr

- Neuschnee: Tag mit mehr als 0,5 cm Neuschnee morgens um 07 h
- Schneedecke: Tag mit mehr als 0,5 cm Schneehöhe über mehr als der Hälfte des Messfeldes (Gras, Brett) um 07 h
- Sturmtag: Starkwindtag mit Windspitzen (Böen) von 20 m/s und mehr (1934–1967 nach H. Uttinger 1968); Höchstwert 38 m/s im März 1967 (= Kloten Nov. 1983 = 135 km/h)
- Gradtagzahl: Heizgradtagzahl als monatliche Summe der täglichen Differenz zwischen einer Raumtemperatur von 20 °C und allen Tagesmitteln der Aussentemperatur unter 12,0 °C anhand der graphisch gemittelten Jahreskurve 1901 bis 1960 mit 228 Heiztagen
- Gt 12 Winter: Effektive Heizgradtagzahl der 12 Winter 1974/75–1985/86; Jahresextreme: 3863 (78/79), 3365 Gt (81/82)
- Wolken: Bedeckungsgrad des Himmels in %
- Verdunstung: Wasserverdunstung in einem vor direkter Sonnenbestrahlung und Niederschlag geschützten Gefäss (Wildsche Waage), entspricht näherungsweise dem Wasserverlust eines bewachsenen Bodens, 1971–85.

Tab. 5 enthält einige auf das ganze Jahr bezogene Mess- und Beobachtungsergebnisse, wie die Häufigkeit der Richtungen, aus welcher der Wind ab 1 m/s weht, gemessen in 10 m über dem Dach der SMA (Windrose) und deren mittlere Geschwindigkeit (1901–60). Der Einbezug der 30% Windstillen (0–½ m/s) verringert das Geschwindigkeitsmittel von 2,4 auf 1,8 m/s. Die Phänodaten enthalten die Zeitpunkte des Erscheinens jahresperiodischer Entwicklungsstadien einiger Pflanzen an der SMA für 1951–85 (s. auch B. Primault 1984, Phänodatenbank bei der Sektion Agrar- und Biometeorologie der SMA). Diese Termine sind mehrheitlich temperaturabhängig. Die Schneedeckenzeiten beziehen sich auf die 100 Winter 1880/81–1979/80.

Die hier wiedergegebenen konventionellen Tabellierungen von Klimadaten in der Form von Mittel- und Extremwerten allein können den Klimacharakter eines Ortes nur beschränkt wiedergeben. Für planerische und bautechnische Fragen beispielsweise sind Häufigkeitsverteilungen einzelner und kombinierter Verteilungen zweier und mehrerer Klimatelemente erforderlich, ergänzt durch Summenhäufigkeiten auch für zusammenhängende mehrtägige Zeitabschnitte über oder unter vorgegebenen Schwellenwerten; diesbezügliche Unterlagen sind bei der Sektion Technische Meteorologie an der SMA in Zürich bearbeitet worden (SMA, 1978).

#### 4.3 *Eigenheiten des Stadtklimas von Zürich*

Bei windschwachen Schönwetterlagen kann im Sommer eine Wärmeinsel über der Innenstadt erzeugt werden, die bis 5 K höher als ihre Umgebung liegt, was auch bei bewölktem Wetter zu etwas erhöhter Niederschlagsbildung

Tabelle 4 Weitere Monatswerte für Zürich-SMA  
 Table 4 Additional monthly data for Zurich-SMI

		Jan.	Feb.	Mrz.	Apr.	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sep.	Okt.	Nov.	Dez.	Jahr
Mittlere Zahl der Tage 1931–60, Schnee 1959/60–78/79														
Eistage		10	5	1	0	–	–	–	–	–	–	1	7	24
Frosttage		23	20	13	3	0	–	–	–	0	2	10	20	91
Sommertage		–	–	–	0	4	9	13	11	5	0	–	–	42
Hitzetage		–	–	–	–	½	1	3	3	½	–	–	–	8
heiter		1	2	5	5	4	4	5	5	4	2	1	1	39
trüb		21	15	12	12	11	11	9	9	10	14	20	22	166
sonnig (1964–84)		4	8	10	11	13	13	16	14	14	9	7	4	123
Nebel		6	5	3	1	1	½	½	1	3	7	7	7	42
Hochnebel		10	8	3	1	1	½	½	1	3	8	10	14	60
Nahgewitter		0	0	0	1	3	5	5	4	2	0	0	0	20
Schneefall		9	8	6	4	½	–	–	–	–	1	3½	7	39
Neuschnee		6	6	4	2	0	–	–	–	–	0	3	6	27
Schneedecke		17	12	7	2	0	–	–	–	–	0	4	12	54
Sturm (1934–67)		3	3	2	2	½	½	1	½	½	1	2	3	19
Extreme Zahl der Tage 1931–85														
heiter	Max.	4	10	15	10	9	11	13	12	12	9	6	4	64
	Min.	–	–	–	–	–	–	1	–	–	–	–	–	16
trüb	Max.	29	22	23	21	22	18	17	16	18	23	27	28	192
	Min.	15	1	3	6	4	4	2	2	3	4	8	12	126
Niederschlag ab 1 mm	Max.	19	23	20	22	21	22	21	23	17	25	23	21	177
	Min.	3	2	2	5	5	5	4	4	2	–	2	–	105
Schnee- decke	Max.	31	29	20	9	2	–	–	–	–	3	18	31	105
	Min.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	19

		Mittelwerte 1901–60, für Schnee 1959/60–78/79, Extreme 1931–85, in cm												
Neuschnee- summe	Mitt.	31	28	14	9	0	–	–	–	–	0	12	21	115
	Max.	122	109	78	40	3	–	–	–	–	18	62	58	220
	Min.	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	9
Schnee- höhe	Mitt.	6	4	2	½	0	–	–	–	–	0	½	2	1
	mitt. Max.	17	14	9	6	0	–	–	–	–	0	6	10	24
	abs. Max.	43	58	58	20	1	–	–	–	–	5	22	21	58
Gradtagzahl		651	554	493	360	108	–	–	–	34	361	500	614	3675
Gt. 12 Winter		621	553	470	342	167	56	16	16	74	299	472	577	3663
Wolken	%	81	71	60	61	61	61	57	56	59	69	80	84	67
Verdunstung 1971–85	mm	13	16	33	48	56	59	68	54	39	22	18	15	440

Tabelle 5 Wind, Phänologie und Schneedecke für Zürich-SMA

Table 5 Wind, Phenology and Snowcover for Zurich-SMI

Windrose 1901–60									
Richtung aus	N	NE	E	SE	S	SW	W	NW	Total
Häufigkeit %	8	18	8	7	11	18	16	14	100
Geschwindigkeit m/s	1,9	2,2	1,9	1,8	1,9	3,3	3,1	2,2	2,4
Geschwindigkeitsmittel bei Einbezug der 30% Calmen									1,8
Phänodaten 1951–85									
Phasen:	Mittel			frühest (Jahr)			spätest (Jahr)		
Blattaussbruch									
Hasel ( <i>Corylus avellana</i> )	12. 4			14.3 (77)			30. 4 (56)		
Roskastanie ( <i>Aesculus hypocast.</i> )	15. 4			1.4 (61, 74)			30. 4 (56, 73)		
Lärche ( <i>Larix decidua</i> )	18. 4			27.3 (57)			2. 5 (51, 53)		
Vollblüte									
Hasel	4. 3			26.1 (56)			25. 3 (63)		
Löwenzahn ( <i>Taraxacum officinale</i> )	17. 4			31.3 (72)			6. 5 (70)		
Winterlinde ( <i>Tilia parvif.</i> ) (1951–75)	7. 7			13.6 (52)			26. 7 (65)		
Blattverfärbung									
Roskastanie (1959–85)	7.10			17.9 (82)			4.11 (85)		
Schneedeckendaten 1880/81–1979/80									
erster Tag	23.11			28.9 (1885)			26. 1 (03)		
letzter Tag	2. 4			2.1 (48)			29. 5 (61)		

führen kann (B. Lichtenegger 1976). Ein Bodennebel kann sich dadurch nur kurze Zeit in der Innenstadt halten; er wird nach wenigen Stunden um rund 100 m angehoben. Seine Obergrenze liegt heute bei 650–680 m ü. M. (s. auch F. Gassmann, 1984). Die zunehmende Abwärmeproduktion hat bewirkt, dass diese Nebelobergrenze von 520–550 m in den 40er Jahren schon in den fünfziger Jahren fast 600 m erreicht hat (E. Jaeckle 1982). Auch über dem Flughafenareal stieg das Nebelmeer von rund 570 m ü. M. im Jahre 1951 bis heute auf 620 m als Mittelwert für die Morgenstunden nach einer klaren, windschwachen Nacht (Streubereich 580–660 m). Nicht nur das Anheben der damit gekoppelten Inversionsuntergrenze, sondern auch die erhöhte Belastung der Luft mit Fremdstoffen hat für Zürich eine Abnahme der Tage mit guter Alpensicht von 100–120 Tagen im Jahr zwischen 1880 und 1890 auf nur rund 30 Tage ab 1965 bewirkt (A. Graf 1984, O. Gisler 1985). Auch über Kloten ist die Anzahl Stunden mit einer Sichtweite von mehr als 10 km während der Monate Mai bis August von 1200 Std. im Jahre 1950 auf knapp 1000 Std. 1980 zurückgegangen (EDI, 1984). Erste Ergebnisse über die Herkunftsrichtung von SO<sub>2</sub> zeigen für Zürich, dass die grössten Mengen bei schwachen bis mässigen Winden aus Nord bis Nordosten herangeweht werden (Ph. Tercier 1986).



Als grossräumige Klimatrends lässt sich eine deutliche Milderung der Herbst- und Wintermonate ab 1910 und verstärkt ab 1972 erkennen (zunehmender Treibhauseffekt?). Die singuläre Wärmephase warmer Frühlings- und Sommerperioden zwischen 1942 und 1953, die auch zu trocken waren, haben sich wieder auf mittleres Niveau eingependelt. Frühlingsmonate zeigen eine Tendenz zu etwas erhöhten, der Herbst zu erniedrigten Niederschlägen (M. Schüepp, G. Gensler 1986, Ch. Pfister 1984b). Das Zürcher Klima wird weiterhin durch recht unbeständige Frühlings- und Sommerwetterlagen charakterisiert (besonders April bis Juni); recht günstig gestalten sich die Monate September und Oktober mit etwas persistenteren ungestörten Lagen, die als Altweibersommer bekannt geworden sind und sich gelegentlich bis zum Martini-Sömmerchen halten können. Unbeliebt ist das Weihnachtstauwetter, das zwischen zwei Kälteabschnitten zwischen Mitte Dezember und Mitte/Ende Januar eingebettet ist, ebenso die wegen der Kalenderreform von 1582 nun auf den 22. bis 25. Mai verschobenen Eisheiligen und die Schafskälte um Mitte Juni, die als der erste von mehreren, sich bis in den August hinziehenden monsunartigen Schlechtwettereinbrüchen bezeichnet werden kann.

Die heutigen Verpflichtungen zu erhöhter Umweltverträglichkeit erfordern auch eine weitere Behandlung dreidimensionaler Art des Klimas der Stadt Zürich und ihrer Umgebung. Die Topographie und die Hochbauten vermindern die Durchlüftung der Stadt (mittlere Windgeschwindigkeit aller Tage nur 1,8 m/s gegen 2,8 m/s auf dem offenen Flughafenareal). Die SMA, EMPA, EAFV Birmensdorf, die Geographischen Institute beider Hochschulen, das Labor für Atmosphärenphysik der ETH und das EIR Würenlingen sind neben städtischen und kantonalen Stellen in solche Studien engagiert.

## 5 Literatur

- Anonym (1896): Die Stadt Zürich, Illustrierte Chronik, Teil D: Naturchronik von 1501–1895, bearbeitet von Waser, J. H. und Müller, C. K., S. 7–17, Verlag J. A. Preuss, Zürich.
- Eidg. Departement des Innern, EDI (1984): Waldsterben und Luftverschmutzung. Bern, 120 S.
- Fliri, F. (1981): Autokorrelation, interdiurne Veränderlichkeit und synoptisch-klimatologische Mittelwerte, am Beispiel der täglichen Maxima und Minima der Lufttemperatur auf dem Säntis (2500 m, Schweiz). *Wetter und Leben* 33: 220–229.
- Gassmann, F. et al. (1984): Profilmessungen in der planetaren Grenzschicht über Zürich während einer herbstlichen Hochdrucklage. Eidg. Inst. f. Reaktorforschung, EIR, Würenlingen, Ber. Nr. 514, 78 S.
- Gensler, G. A. (1978): Das Klima von Graubünden. Arbeitsber. der SMA Nr. 77, Zürich, 125 S.
- Gisler, O. (1984): Die meteorologischen Beobachtungen von Schaffhausen (1794–1845) und Zürich (1767–1802) nebst einigen Betrachtungen über historische Niederschlagsreihen. *Physische Geographie*, Vol. 12, Geogr. Inst. d. Univ. Zürich, 184 S.
- Gisler, O. (1985): Das Wetter zu Ende des 18. Jahrhunderts. *Geogr. Helv.* 40: 205–222.
- Graf, A. (1984): Die Alpensicht von Zürich seit 1865 und ihre Abhängigkeit von Wetterlage, Tages- und Jahreszeit. Dipl. Arb. am Geogr. Inst. d. Univ. Zürich, 136 S.
- Jaeckle, E. (1982): Briefliche Mitteilung.

- Klemm, F. (1974): Die Entwicklung der meteorologischen Beobachtungen in der Schweiz bis zum Jahre 1700. *Vjschr. d. Naturf. Ges. Zürich* 119: 405–454.
- Kuhn, N. (1973): Frequenzen von Trockenperioden und ihre ökologische Bedeutung. *Vjschr. d. Naturf. Ges. Zürich* 118: 257–298.
- Lichtenegger-Schlatter, B. (1976): Wie sich in Zürich das Klima verändert. *Tages-Anzeiger-Magazin*, Nr. 41: 24–31.
- Maurer, J. (1917): Unsere alten Zürcher Witterungsregister. *Vjschr. d. Naturf. Ges. Zürich* 62: H. 4, 470–478.
- Pfister, Ch. (1977): Zum Klima des Raumes Zürich im späten 17. und frühen 18. Jahrhundert. *Vjschr. d. Naturf. Ges. Zürich* 122: 447–471.
- Pfister, Ch. (1984a): Klimageschichte der Schweiz 1525–1860. Bd. 1, *Academica Helvetica* 6/1, P. Haupt Bern und Stuttgart, 184 S.
- Pfister, Ch. (1984b): Klimaverlauf 1525–1980. *Klimaatlas der Schweiz*, 2. Liefg., Blatt 14.1 bis 14.4, Bundesamt für Landestopographie, Wabern-Bern, 16 S.
- Pfister, Ch. (1985): Veränderungen der Sommerwitterungen im südlichen Mitteleuropa von 1270–1400 als Auftakt zum Gletscherhöchststand der Neuzeit. *Geogr. Helv.* 40: 186–195.
- Primault, B. (1984): Phänologie. *Klimaatlas der Schweiz*, 2. Liefg., Blatt 13.1 und 13.2, Bundesamt für Landestopographie, Wabern-Bern, 8 S.
- Schweizerische Meteorologische Anstalt, SMA, Zürich (1960–1981): *Klimatologie der Schweiz*. Beihefte 1–27 zu den *Annalen der SMA*, Jhg. 1959–1980.
- Schweizerische Meteorologische Anstalt, SMA, Zürich (1978): *Mustersammlung klimastatistischer Unterlagen aus dem Publikationsprogramm METEOPLAN*, 103 S.
- Schüepp, M. und Urfer, Ch. (1978): Regionale Klimabeschreibungen. *Klimatologie der Schweiz*. Bd. II, 1. Teil, Beilage zu den *Annalen der SMA*, Jhg. 1977, Zürich, 244 S.
- Schüepp, M. (1979): *Witterungsklimatologie*. *Klimatologie der Schweiz*. Bd. III, Beilage zu den *Annalen der SMA*, Jhg. 1978, 93 S.
- Schüepp, M. und Gensler, G. A. (1986): *Witterungsänderungen in der Schweiz im 19. und 20. Jahrhundert, Ursachen und Folgen*. *Geogr. Helv.* 41: 17–26.
- Tercier, Ph. (1986): *NABEL-ANETZ, Niveau de pollution et météorologie*. *JV. der SNG in Bern*, Vortragsmanuskript, SMA/SPA, Payerne, 15 S.
- Uttinger, H. (1940): Vom Zürcher Klima. *Zürcher Statistische Nachrichten* 17: 85–130.
- Uttinger, H. (1962): Die Niederschlagsstunden in Zürich. *Veröff. d. SMA (MZA) Zürich*, Nr. 1a, 22 S.
- Uttinger, H. (1968): Die Zahl der Windspitzen von mindestens 20 Metern pro Sekunde in Zürich. *Veröff. d. SMA (MZA) Zürich*, Nr. 8, 22 S.
- Zeller, J. (1977): *Starkniederschläge des schweizerischen Alpen- und Alpenrandgebietes*, Bd. 2. *Eidg. Anst. f. d. forstl. Versuchswesen, Birmensdorf-Zürich*.

Es ist vorgesehen, die jährlichen Klimadaten von Zürich in den Vierteljahrsschriften zu veröffentlichen.