

Hitze und Schwüle einer italienischen Großstadt

Von

J. C. THAMS

(Osservatorio Ticinese della Centrale Meteorologica Svizzera)

(Mit 3 Abbildungen im Text)

1. *Einleitung.* Die Beobachtungen und Messungen, die in dem weltweiten Netz der meteorologischen Stationen gemacht werden, dienen — sofern wir vom synoptischen Wetterdienst absehen — in erster Linie der Ableitung des Klimas eines Ortes oder eines Gebietes im Sinne von HANNs. Danach ist «Klima die Gesamtheit der meteorologischen Erscheinungen, welche den mittleren Zustand der Atmosphäre an irgendeiner Stelle der Erdoberfläche und in einem gegebenen Zeitraum charakterisieren» (1). Nach dieser klassischen Definition ist es also nicht in erster Linie Aufgabe der Klimatologie, die klimatischen Bedingungen für die lebende Umwelt zu erforschen; es handelt sich hier gewissermassen um eine Klimatologie an sich. Dieser klassischen Klimatologie haben wir bekanntlich eine Fülle von grundlegenden Erkenntnissen in der Meteorologie zu verdanken. In den letzten Dezennien unseres Jahrhunderts ist nun aber immer mehr der Ruf nach einer biologisch ausgerichteten Klimaforschung laut geworden. Die entscheidenden Anregungen kamen hier von medizinischer Seite (2), aber auch andere biologische Wissenschaften wie beispielsweise Botanik und Zoologie haben viel zur Entwicklung dieser neuen Wissenschaft beigetragen (3). Die Arbeiten auf dem grossen Gebiet der Bioklimatologie füllen heute bereits stattliche Bände und es sind besondere Untersuchungsmethoden entwickelt worden, um die Beziehung zwischen Klima und Lebewesen zu erforschen (4). Es erhebt sich nun aber die Frage, ob und in welchem Ausmasse das durch so viele Jahrzehnte hindurch mühsam gesammelte klimatologische Material dazu verwendet werden kann, bioklimatische Fragen zu beantworten. Darüber kann wohl kaum ein Zweifel bestehen, dass die Ergebnisse der klassischen Klimatologie auch für die moderne Bioklimatologie von entscheidender Bedeutung sind, ja geradezu ihr Fundament darstellen (5). Darüber hinaus lassen sich aber viele im Klimanetz gesammelten Beobachtungen und Messungen, die das Grundmaterial der klassischen Klimatologie darstellen, direkt biologisch verwerten, und das in einem viel grösseren Umfange als man gemeinhin annimmt. Vor allem gilt das auch von den Elementen, die an den zahlreichen Stationen der Welt registriert werden. Es ist leider eine allzu bekannte Tatsache, dass viele meteorologische Grössen zwar laufend aufgezeichnet, aber nur zum kleinsten Teile wirklich ausgewertet werden. Grosse Bedeutung kommt in diesem Zusammenhang auch den sogenannten kombinierten Elementen zu (6). Aber auch die Aufzeichnungen der ganz einfachen meteorologischen Stationen können uns viele bioklimatisch wertvolle Resultate liefern. Zwar können durch die Messungen und Beobachtungen der meteorologischen Stationen bei

weitem nicht alle Fragen der Bioklimatologie beantwortet werden; für viele Probleme sind ganz neue Mess- und Beobachtungsverfahren notwendig geworden, aber es lohnt sich auf alle Fälle, zu schauen, was man aus dem Material der zahlreichen meteorologischen Stationen für die Bioklimatologie ableiten kann.

In der vorliegenden Arbeit machen wir den Versuch, uns ein Bild über ein bioklimatisch wichtiges Problem, nämlich über die Hitze und Schwüle einer Großstadt zu machen. Unsere Untersuchung ist eine Fortsetzung kleinerer Arbeiten wie sie von W. MÖRIKOFER (7), J. C. THAMS (8) und M. BIDER und J. C. THAMS (9) bereits durchgeführt worden sind. Diese Resultate waren so vielversprechend, dass es lohnend erschien, die dort aufgerollten Fragen an einem grösseren, homogenen Material zu prüfen. Als Stadt wählten wir Mailand (147 m ü. M.) und legten unseren Untersuchungen die Beobachtungen der Periode 1901—1930 zugrunde.

2. Das Material. Die meteorologischen Beobachtungen von Mailand werden in sehr ausführlicher Form in den «Osservazioni Meteorologiche» des Osservatorio astronomico di Brera veröffentlicht. Von besonderer Wichtigkeit war für uns die Tatsache, dass diese Tabellen auch die täglichen Dampfdrucke enthalten, was für die Bestimmung der schwülen Tage von grossem Wert ist. Wie uns der Direktor des Institutes Herr Prof. Dr. F. ZAGAR freundlicherweise mitteilte, werden die Dampfdruckwerte mit einem Psychrometer bestimmt; es handelt sich um ein ventiliertes Psychrometer nach AUGUST. Wir werden auf das Problem der Bestimmung der schwülen Tage noch später zurückkommen. Die Beobachtungstermine sind in Mailand für die Periode 1901—1930 die folgenden: 9 h, 15 h und 21 h. Das Institut liegt im Zentrum von Mailand. Wir haben es hier also mit einem typischen Stadtklima zu tun.

3. Die Hitze von Mailand. Orientieren wir uns zunächst über die mittleren Monatstemperaturen von Mailand (10), um eine Grundlage für unsere Betrachtungen zu gewinnen. Als Vergleichsstationen wählen wir je eine Station nord- und südwärts der Alpen, Basel (317 m ü. M.) (11) und Locarno (239 m ü. M.) im Tessin.

Tabelle 1 Monats- und Jahresmittel der Temperatur in Mailand, Locarno und Basel

Ort	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Jahr
Mailand ¹ 1901—1930	1.9	3.8	8.5	13.0	17.9	21.8	24.1	23.6	19.3	13.2	7.2	3.6	13.2
Locarno ² 1901—1940	2.9	4.3	7.8	11.5	15.7	19.0	20.8	20.3	17.0	11.9	7.0	3.7	11.8
Basel ² 1901—1930	0.2	1.2	4.8	8.2	13.1	16.0	17.9	17.0	13.8	9.0	3.8	1.6	8.9

Von den drei hier aufgeführten Orten ist Mailand im Jahresdurchschnitt der wärmste. Wir sehen hier die bekannte fortschreitende Erwärmung gegen niedrigere Breiten. Besonders hoch sind die sommerlichen Temperaturen. Im

¹ Die Mitteltemperaturen werden in Mailand berechnet nach $\frac{1}{4} (9h + 21h + \text{Min.} + \text{Max.})$.

² Die Mitteltemperaturen werden in Locarno und Basel berechnet nach $\frac{1}{4} (7.30 + 13.30 + 2 \times 21.30 h)$.

Winter ist es jedoch in Locarno merklich wärmer, was mit der besonderen Lage dieses Ortes zusammenhängt. Es ist ja bekannt, dass der eigentliche Südfuss der Alpen auch hinsichtlich der anderen meteorologischen Elemente eine klimatische Oase darstellt (12).

Betrachten wir die Monatsmittel der Temperatur von Mailand während der Sommermonate genauer, so sehen wir, dass mit ganz wenigen Ausnahmen in der dreissigjährigen Periode von 1901—1930 alle über 20 Grad liegen. Die extremsten Schwankungen der Monatsmittel in 30 Jahren sind die folgenden:

Juni	19.0°	23.6°
Juli	21.7°	27.8°
August	21.0°	29.6°

Uns interessieren natürlich in besonderem Masse die Maxima der Temperaturen von Mailand. In der Tabelle 2 sind die absoluten Maxima vom März bis Oktober aufgeführt, aber nur für die Monate, in denen sogenannte Sommertage zu verzeichnen waren; Sommertage sind solche mit einer maximalen Temperatur $\geq 25.0^\circ$.

Tabelle 2 Absolut höchste Tagestemperaturen in Mailand. (Periode 1901—1930)

III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X
25.0°	28.9°	35.0°	35.7°	38.3°	36.8°	35.1°	26.6°

Die höchsten Temperaturen werden im Juli erreicht. Betrachtet man die einzelnen Jahre 1901—1930, so kommt man für die Sommermonate zu folgender Feststellung: Alle Maxima liegen weit über 30 Grad; eine Ausnahme macht nur der Juni 1918. Die mittleren Werte der extremen Temperatur betragen im Juni, Juli und August 32.7° , 34.7° und 33.9° .

Weit instruktiver ist jedoch eine Untersuchung darüber, wie viele Sommertage, Tropentage und Tropennächte in Mailand vorkommen. Die Sommertage haben wir bereits definiert. An Tropentagen erreicht oder übersteigt das Maximum der Temperatur 30.0° , während in Tropennächten die Temperatur nicht unter 20.0° sinkt. Ferner wurden noch die Tage bestimmt, an denen das Maxima $\geq 35.0^\circ$ ist.

Tabelle 3 Anzahl der Sommertage, Tropentage, Tage $\geq 35.0^\circ$ und Tropennächte in Mailand (Periode 1901—1930)

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Jahr
Sommertage	1.3	12.9	24.8	29.5	28.8	12.9	0.3	110.5
Tropentage	—	2.3	9.4	18.6	13.7	2.0	—	46.0
Tage $\geq 35.0^\circ$	—	—	0.2	1.5	0.8	—	—	2.5
Tropennächte	—	0.3	2.0	9.3	7.4	0.8	—	19.8

Die Anzahl der Sommertage ist sehr gross; in Mailand ist jeder dritte Tag ein Sommertag. In den Sommermonaten selber sind fast alle Tage Sommertage. Basel hat im Jahre 64.4 Sommertage, Lugano 93.4 (8). Auch die Anzahl

der Tropentage ist in Mailand weit grösser als an den oben genannten Orten. In Basel werden im Durchschnitt 17.8, in Lugano 19.3 Tropentage gezählt. Die monatliche Anzahl der Tropentage schwankt natürlich auch in Mailand sehr stark. Nehmen wir den wärmsten Monat, den Juli, dann finden wir in einem 30jährigen Zeitraum als Minimum 5, als Maximum 31 Tage. Überraschend klein ist dagegen die Anzahl der Tage, an denen das Maximum 35.0° erreicht oder überschreitet; im Jahresdurchschnitt sind es nur 2.5, in Basel 2.0 und in Lugano 0.6. Offenbar sind extrem hohe Temperaturen stark von örtlichen Verhältnissen abhängig, was sich am besten in dem Vergleich von Basel und Lugano zeigt. Nun werden bekanntlich heisse Tage besser ertragen, wenn die Nächte relativ kühl sind. In einer Stadt wie Mailand wird man in dieser Hinsicht allerdings keine grossen Erwartungen hegen dürfen. Der Jahresdurchschnitt der Tropennächte beträgt rund 20 Tage; in Basel finden wir nur 0.1 und in Lugano 1.6. Im Juli 1928 waren in Mailand alle Nächte Tropennächte, und Monate mit mehr als 10 Tropennächten sind im Juli und August durchaus nicht selten. Es sei noch bemerkt, dass sich die Angaben von Basel und Lugano auf den Zeitraum 1929—1948 beziehen.

Zum Schlusse unserer Betrachtungen über die Hitze in Mailand wollen wir uns noch mit der Andauer der Sommertage und Tropentage befassen. Wir geben hier der Einfachheit halber die Summenwerte der 30jährigen Periode, um zu kleine Zahlen zu vermeiden.

Tabelle 4 Andauer der Sommertage in Mailand 1901—1930 (Summenwerte)

Dauer in Tagen	Anzahl	Dauer in Tagen	Anzahl
1—5	202	51—55	2
6—10	53	56—60	5
11—15	23	61—65	2
16—20	15	66—70	—
21—25	10	71—75	1
26—30	10	76—80	—
31—35	5	81—85	2
36—40	1	86—90	—
41—45	6	91—95	1
46—50	1	(im Jahre 1907)	

Diese Tabelle zeigt wohl besser als irgendeine andere, wie unerträglich das Klima von Mailand im Sommer sein muss. Die Anzahl der Perioden, an denen die ununterbrochene Folge von Sommertagen mehr als einen Monat währt, beträgt 26! Die längste Periode dauerte drei Monate, 93 Tage! In Basel und Lugano fand man in dem erwähnten 20jährigen Zeitraum als Maximum 28 Tage (Basel), bzw. 51 (Lugano). Diese Länge wurde an den beiden Orten aber nur in den Sommern 1947 (Basel), bzw. 1945 (Lugano) gefunden, also in zwei ausgesprochenen Hitzejahren. Aber auch die Periodenlänge der Tropentage ist in Mailand sehr respektabel, was folgende Tabelle zeigt:

Tabelle 5 **Audauer der Tropentage in Mailand 1901—1930** (Summenwerte)

Dauer in Tagen	Anzahl	Dauer in Tagen	Anzahl
1—5	216	31—35	—
6—10	51	36—40	—
11—15	21	41—45	—
16—20	7	46—50	1
21—25	3		
26—30	—		

Zusammenfassend kommen wir also zu der Feststellung, dass in Mailand während des Sommers ganz aussergewöhnliche Wärmeverhältnisse herrschen. Wenn man im Tessin einen Tag als besonders heiss bezeichnen will, so spricht man von «caldo di Milano». Da auch die Nächte, wie wir gesehen haben, keine Erfrischung bringen, begreift man, dass viele Leute während des Sommers Mailand verlassen und dass dann sogar die Gestade der oberitalienischen Seen, an denen im Sommer doch auch recht hohe Temperaturen herrschen, für diese Großstädter noch Erholungsmöglichkeiten bieten.

Nachdem wir uns nun ein Bild von den sommerlichen Wärmeverhältnissen Mailands gemacht haben, gehen wir zur Untersuchung der Schwüle dieser Großstadt über.

4. Die Schwüle von Mailand. Physiologisch gesehen ist das Problem der Schwüle ausserordentlich komplex. Es gibt für die Schwüle eine ganze Reihe von Ausdrücken. Es würde aber den Rahmen dieser Arbeit überschreiten, wollten wir alle diese Ausdrücke diskutieren. Wir müssen auch darauf verzichten, auf die physiologischen Probleme im einzelnen einzugehen. Eine übersichtliche Darstellung der ganzen Frage findet sich in dem Werk von K. BÜTTNER, «Physikalische Bioklimatologie» (3). Fest steht jedoch, dass Temperatur und Feuchtigkeit der Luft eine ausschlaggebende Rolle spielen. Das Gefühl der Schwüle entsteht ja erst dann, wenn relativ hohe Temperaturen und relativ hohe Feuchtigkeiten gleichzeitig auftreten. Es wirken aber auch noch andere Faktoren mit, die allerdings in ihrem Zusammenwirken schwer erfassbar sind. So scheinen die Bewölkung, die Strahlung, der Dunst und die Vorstadien der Gewitter teilweise von erheblichem Einfluss zu sein (13, 14). Bei sehr hohen Temperaturen ist es zudem kaum möglich, zwischen Schwüle und Hitze sicher zu unterscheiden. Meteorologisch betrachtet muss man aber einmal von einer bestimmaren Grösse ausgehen, welche die Schwüle mit hinreichender Genauigkeit charakterisiert. Es liegen hier hinsichtlich der Anwendung auf den Menschen ganz ähnliche Schwierigkeiten vor wie mit dem Begriff der Abkühlungsgrösse. Man hat bestimmte Grade der Abkühlungsgrösse bestimmten Wärmeempfindungen, wie «unangenehm kalt», «kühl», «warm», «schwül» usw. zugeordnet. Diese Zuordnung, die übrigens bei den einzelnen Autoren recht verschieden ist, hat aber nur einen begrenzten Wert; man darf diese Klassifikation nicht ohne weiteres auf alle Klimaregionen und alle Rassen übertragen. Der menschliche Körper besitzt ein sehr grosses Anpassungsvermögen und darum ist es sehr wohl möglich, dass auch hinsichtlich des uns hier interessierenden Problems ein Klima von

dem einen Menschen bereits als schwül bezeichnet wird, während es der andere noch als recht erträglich empfindet. Die hier folgenden Ausführungen gelten darum in erster Linie wohl nur für den Menschen Mittel- und Nordeuropas (15).

Was nun die Schwüle selber anbetrifft, so legen wir unseren Untersuchungen die bekannte Kurve von LANCASTER-CASTENS zugrunde. Ihre Brauchbarkeit wurde von H. RUGE (Lit. siehe bei SCHARLAU unter 16) an über 500 gesunden jungen Männern auf einem Kreuzer anlässlich einer Afrika-Südamerikareise in den Tropen bestätigt. Diese Kurve grenzt unter Zugrundelegung von Temperatur und relativer Feuchtigkeit den Behaglichkeitsbereich vom Schwülebereich ab. K. SCHARLAU (16) hat dann gezeigt, dass die Lancaster-Castens-Kurve mit dem Verlauf der Dampfdruckkurve von 14.08 mm im Diagramm Temperatur/relative Feuchtigkeit praktisch übereinstimmt (Abb. 1). Jedem Wert der relativen Feuchtigkeit kann danach eine sogenannte Grenztemperatur zugeordnet werden, bei deren Überschreiten das Gefühl der Schwüle entsteht. Dieser Grenzwert von 14.08 mm kann natürlich durch ganz verschiedene Werte der Lufttemperatur und der relativen Feuchtigkeit gebildet werden, wie Tabelle 6 zeigt. Man kann diese Werte jeder guten Dampfdrucktabelle entnehmen (17). Erreicht oder überschreitet der Dampfdruck den Wert von 14.1 mm, so wird die Luft allgemein als schwül empfunden.

Tabelle 6 Relative Feuchtigkeit und Grenztemperatur

Relative Feuchtigkeit %	100	90	80	70	60	50	40	30	20
Grenztemperatur °C	16.5	18.2	20.1	22.2	24.8	27.9	31.8	37.0	44.6

Will man also ein Klima hinsichtlich seiner Schwüle untersuchen, so muss man nur den Dampfdruck berechnen und die Werte auszählen, die ≥ 14.1 mm Hg sind. Ganz einwandfreie Werte des Dampfdruckes wird man allerdings

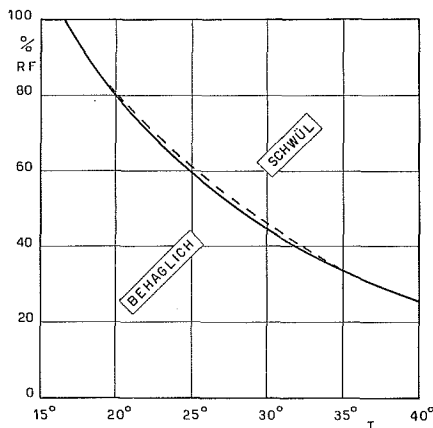


Abb. 1 Verlauf der Schwülegrenze von Lancaster-Castens (gestrichelte Kurve) und Dampfdruckkurve von 14.08 mm Hg (ausgezogene Kurve).

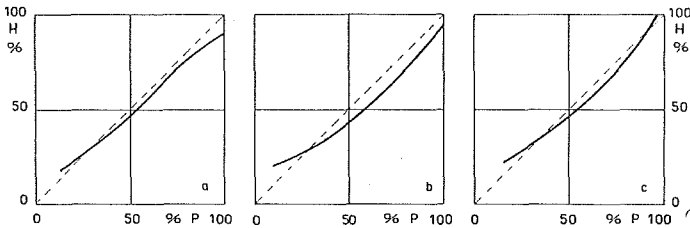


Abb. 2 Vergleich der Werte der relativen Feuchtigkeit, gemessen mit dem Haarhygrometer (H) und dem Aspirationspsychrometer nach Assmann (P).

a) Hygrograph (Werte VI—IX 1948/1949).

b) Hygrometer (Werte VI—IX 1948/1949).

c) Das gleiche Hygrometer, nachdem es gegen höhere Werte hin korrigiert worden war (Werte VI—VIII 1950).

nur durch gute, strahlungsgeschützte Aspirationspsychrometer, z. B. nach ASSMANN erhalten. Die Angaben der sogenannten Standpsychrometer muss man sehr kritisch betrachten. Recht brauchbare Resultate scheinen auch die in der Hütte selber aufgestellten ventilierten Psychrometer nach AUGUST zu geben. Auch aus den Angaben des Haarhygrometers und der Lufttemperatur lässt sich bekanntlich der Dampfdruck auf einfache Art berechnen. Einwandfreie Werte wird man aber nur dann erwarten können, wenn die Haarhygrometer sehr sorgfältig geeicht sind. Dabei genügt es nach unseren Erfahrungen keineswegs, dass das Haarhygrometer nur im Sättigungspunkt geeicht wird. Macht man bei allen vorkommenden Feuchtigkeiten sehr sorgfältige Vergleiche mit dem Aspirationspsychrometer, so sieht man, wie kompliziert die Eichkurven verlaufen können (siehe Abb. 2a—c). So ist es nicht zu verwundern, dass die Auszählung der schwülen Tage nach den Angaben eines Aspirationspsychrometers und eines Haarhygrometers, deren Eichung nur auf dem Sättigungswert beruht, zu völlig verschiedenen Resultaten führt. So wurden in Locarno-Monti im Mittel der zwei Jahre 1948 und 1949 mit dem ventilierten Psychrometer 31, mit dem Haarhygrometer 7 und mit dem Haarhygrographen 14 schwüle Tage bestimmt (9). Für 1950 lauten die Werte: Ventiliertes Psychrometer 51, Haarhygrometer 38. Zu diesen Zahlen ist noch zu bemerken, dass das Haarhygrometer im Jahre 1950 so verstellt wurde, dass die in Abb. 2 b dargestellte Kurve gegen die höheren Feuchtigkeitswerte verschoben wurde. Die Abb. 2 c zeigt, dass das Haarhygrometer jetzt bei höheren Werten offensichtlich zu grosse Feuchtigkeiten angibt. Trotzdem ist die Anzahl der schwülen Tage für 1950 zu klein. Es scheint die Tendenz zu bestehen, dass unter Zugrundelegung von Messungen mit Haarhygrometern die Anzahl der schwülen Tage zu klein ausfällt. Ob das mit der besonderen Art der Eichung zusammenhängt, muss noch genauer untersucht werden. Nach den Untersuchungen von W. GRUNDMANN (18) soll das Haarhygrometer in der üblichen Eichungskammer im Sättigungszustand nicht mehr als 96 % zeigen. Stellt man das Haarhygrometer aber auf 100 % ein, dann findet man bei Nebel oft Werte, die 100 % übersteigen. Nach unseren Erfahrungen ist

die Eichkurve des Haarhygrometers, wie sie aus Vergleichsmessungen mit einem Aspirationspsychrometer hervorgeht, meistens keine gerade, sondern schwach gekrümmt. Würde man bei allen Feuchtigkeitswerten der Haarhygrometer für jeden Punkt Korrekturen anfügen, dann würde vermutlich die Anzahl der schwülen Tage besser stimmen. Um diese Korrekturen feststellen zu können, bedarf es aber eines Aspirationspsychrometers, das heisst also, man misst besser von vorneherein mit einem Aspirationspsychrometer!

Wie wir bereits erwähnt haben, sind die Dampfdruckwerte von Mailand mit einem ventilierten Psychrometer nach August bestimmt worden, so dass die in den Jahrbüchern des Astronomischen Observatoriums publizierten Angaben vertrauenswürdig erscheinen.

Die Ergebnisse. Als schwülen Tag bezeichnen wir einen solchen, an dem zu irgendeinem der drei Beobachtungstermine der Dampfdruck mindestens 14.1 mm betrug. Dann erhalten wir für die internationale Klimaperiode 1901—1930 folgende Werte der mittleren monatlichen Anzahl der schwülen Tage für Mailand.

Tabelle 7 **Mittlere monatliche Anzahl der schwülen Tage in Mailand** (Periode 1901—1930)

Monat	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Jahr
Anzahl	1.1	6.0	15.8	16.9	7.5	0.2	47.5

Die grösste Häufigkeit der Schwüle finden wir also im Juli und August. In diesen Monaten ist in Mailand jeder andere Tag ein schwüler Tag. Die Jahressumme von 47 muss als sehr hoch betrachtet werden. Ein durch die sommerliche Hitze bekannter Ort wie Basel hat im Jahresdurchschnitt nur 24.9 schwüle Tage (9).

Von grossem Interesse ist auch die Anzahl der Termine, an denen es schwül war.

Tabelle 8 **Mittlere monatliche Anzahl der Termine, an denen es in Mailand schwül war** (Periode 1901—1930)

Monat	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Jahr
I 9 h	0.4	3.0	9.1	10.7	4.1	0.0	27.3
II 15 h	0.4	2.8	9.1	10.8	5.0	0.1	28.2
III 21 h	0.8	3.9	11.6	13.0	5.6	0.1	35.0

Aus dieser Tabelle geht ganz eindeutig hervor, dass nicht zum Mittagstermin, sondern am Abend am meisten schwüle Termine gezählt werden. Diese Tatsache muss zunächst ausserordentlich überraschen, da normalerweise an anderen Stationen, beispielsweise in Basel, die grösste Schwüle am Mittag beziehungsweise frühen Nachmittag zu herrschen pflegt. Auch dass die Häufigkeit am Morgentermin nahezu so gross ist wie mittags, fällt auf, auch wenn man die Tatsache berücksichtigt, dass der Morgentermin relativ spät liegt. Wie können wir uns diese merkwürdige Erscheinung erklären? Bei einer Stadt von so grosser Ausdehnung wie Mailand ist natürlich die Häusermasse, die täglich von der Sonne erwärmt wird, ganz ungewöhnlich gross. Die in

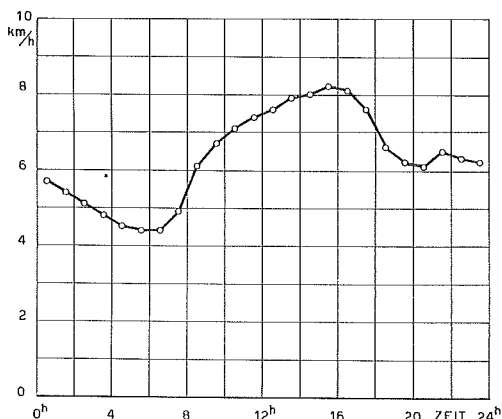


Abb. 3 Tagesgang der Windgeschwindigkeit in den Sommermonaten in Mailand.

diesen Steinmassen aufgespeicherte Wärmemenge dürfte bemerkenswert sein und die Temperatur noch weit über den Nachmittag hinaus auf einer beträchtlichen Höhe halten. Die ausschlaggebende Rolle spielt aber vermutlich der Wind. Mailand hat einen eigentümlichen Tagesgang der Windgeschwindigkeit. Herr Prof. Dr. BOSSOLASCO (Mailand) war so freundlich, uns einige Messergebnisse (Registrierungen mit einem Schalenkreuzanemometer) zur Verfügung zu stellen. In Abb. 3 ist der Tagesgang der Windgeschwindigkeit von Mailand für die eigentlichen Sommermonate aufgezeichnet. Zwar standen uns nur die Jahre 1947—1950 zur Verfügung; sie geben aber schon ein recht aufschlussreiches Bild. Wir finden zwei Minima, eines in den frühen Morgenstunden, das andere am späten Abend, während das stark ausgeprägte Maximum gerade um die Beobachtungszeit des zweiten Termins (15 h) liegt. Die grosse nachmittägliche Geschwindigkeit setzt natürlich die relative Feuchtigkeit stark herab und hier dürfte die Erklärung dafür liegen, dass die Anzahl der schwülen Termine um die Mittagszeit relativ klein ist.

Sehr gross ist auch noch die Anzahl der Tage, an denen es an allen drei Beobachtungsterminen schwül war.

Tabelle 9 Mittlere monatliche Anzahl der Tage, an denen es in Mailand an allen drei Terminen schwül war (Periode 1901—1930)

Monat	Juni	Juli	August	Sept.	Jahr
Anzahl	0.9	4.5	6.4	2.5	14.3

Die Jahressumme von 14.3 Tagen erhält erst ihre Bedeutung, wenn man sie beispielsweise mit Basel vergleicht; dieser Ort hat im langjährigen Durchschnitt nur 2.2 solcher Tage zu verzeichnen.

Selbstverständlich ist die Anzahl der Tage, an denen es an einem der drei Termine schwül war, grossen Schwankungen unterworfen. Die Jahressumme schwankt in der Periode 1901—1930 von 21 (1912) bis 74 (1919). Auch in den einzelnen Monaten zeigen sich diese grossen Schwankungen: Im August 1919

waren 30 Tage schwül, in den Jahren 1912 und 1924 jedoch nur 7! Das gleiche gilt für die Anzahl der Tage, an denen es an allen drei Terminen schwül war: 1926 betrug die Jahressumme 37, 1912 jedoch nur 1! Für den Monat August schwankt diese Zahl von 0 bis 15.

Bekanntlich wirkt wie die Hitze auch die Schwüle um so unerträglicher, je länger sie andauert. In folgendem geben wir darum eine Aufstellung der Andauer der aufeinanderfolgenden schwülen Tage von Mailand in der Periode 1901—1930. Um bei den langen Perioden nicht zu kleine Zahlen zu bekommen, geben wir die Summen der ganzen Periode 1901—1930 an.

Tabelle 10 **Andauer der aufeinanderfolgenden schwülen Tage in Mailand**
(Periode 1901—1930) (Summenwerte)

Dauer in Tagen		Anzahl	Dauer in Tagen		Anzahl
1—2		215	17—18		2
3—4		83	19—20		—
5—6		33	21—22		2
7—8		19	23—24		—
9—10		9	25—26		1
11—12		13	27—28		3
13—14		5	29—30		—
15—16		1	31		1

Wie bei allen solchen Auszählungen, sieht man natürlich auch hier, dass mit zunehmender Dauer in Tagen die Anzahl der Perioden abnimmt. Es bleibt aber doch bemerkenswert, wie lange schwüle Perioden in Mailand andauern können. Die Anzahl der Perioden, die eine Woche überschreitet, ist sehr gross, 37! Auch dass es in einem dreissigjährigen Zeitraum überhaupt eine Periode von 31 aufeinanderfolgenden schwülen Tagen gab, dürfte der Erwähnung wert sein.

Sehr instruktiv sind auch Untersuchungen darüber, wie warm und wie feucht es nun im Durchschnitt an schwülen Tagen in Mailand ist. Darüber gibt uns die Tabelle 11 Auskunft. Wir geben hier nicht Tagesmittel, sondern die Mittel für die einzelnen Termine, was viel aufschlussreicher ist.

Tabelle 11 **Mittelwerte der Lufttemperatur, des Dampfdruckes und der relativen Feuchtigkeit an schwülen Tagen in Mailand** (Periode 1901—1930)

Mai			Juni			Juli			August			September			Oktober		
Termine																	
I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Lufttemperatur																	
23.6	27.7	23.9	23.4	27.9	24.8	24.5	29.6	25.9	24.2	28.8	25.1	21.8	25.4	22.7	19.3	21.9	20.0
Dampfdruck																	
14.5	14.8	15.0	14.8	14.8	15.0	15.3	15.2	15.5	15.3	15.4	15.7	14.7	15.0	15.0	14.3	14.9	14.3
Relative Feuchtigkeit																	
67	55	68	69	55	65	67	50	62	69	53	66	76	63	74	86	77	81

Sehen wir vom Monat Oktober ab, bei dem die Anzahl der schwülen Tage überhaupt sehr klein ist, so liegen bei allen drei Terminen die Lufttemperaturen erheblich über 20° , am Mittagstermin weit über 25° . Im Juli werden an schwülen Tagen in Mailand im Durchschnitt nahezu 30° erreicht. Betrachtet man die Temperaturen der einzelnen Termine, an denen der Dampfdruck ≥ 14.1 mm war, so fällt auf, wie ausserordentlich gering der Prozentsatz ist mit Temperaturen unter 20° . Die Schwüle tritt vorwiegend bei höheren Temperaturen der Luft auf. Relativ wenig Variationen zeigt der Dampfdruck, was natürlich auch mit dem Grenzwert von 14.1 mm zusammenhängt. Im Juli und August liegen aber die Mittelwerte an allen drei Terminen über 15 mm. Bei der relativen Feuchtigkeit haben wir, wie zu erwarten war, einen ausgesprochenen täglichen Gang. Immerhin sind in den eigentlichen Sommermonaten die Mittagswerte relativ klein, was ohne Zweifel auch mit dem schon erwähnten Tagesgang der Windgeschwindigkeit zusammenhängt.

Sehr häufig hört man die Behauptung, dass die mit Gewittern verbundene Schwüle besonders unerträglich sei. Es sei hier darum zum Schluss noch kurz auf dieses Problem eingegangen. R. SCHERHAG (19) hat an Hand langjähriger Beobachtungen in Potsdam einen ausserordentlich engen Zusammenhang zwischen Dampfdruck und der Häufigkeit von Gewittern (Gewitterwahrscheinlichkeit) festgestellt. Er kommt zu dem Ergebnis, dass die Gewitterwahrscheinlichkeit oberhalb eines Dampfdruckwertes von 13.5 mm (Taupunkt 16°) auf über 50 % ansteigt. Bei dem Grenzwert von 14.1 mm beträgt danach die Gewitterwahrscheinlichkeit bereits 62 %. Wie wir in einer späteren Arbeit zeigen werden, darf diese SCHERHAGSche Kurve keineswegs auf Mailand übertragen werden. Auch für die Verhältnisse im schweizerischen Mittellande gilt sie nicht mehr (vgl. die Untersuchungen von M. BIDER und J. C. THAMS [9]). Hier interessieren uns aber nur die Gewitterverhältnisse an schwülen Tagen gemäss unserer Definition.

Tabelle 12 Schwüle Tage, Gewitter und Hagel in Mailand 1901—1930 (Summenwerte)

	Anzahl der schwülen Tage	Anzahl der Tage mit Gewittern	Anzahl der Tage, an denen es schwül war und Gewitter herrschten	Anzahl der Tage mit Hagel	Anzahl der Tage, an denen es hagelte und schwül war
I	—	1	—	—	—
II	—	1	—	—	—
III	—	25	—	5	—
IV	—	86	1	16	—
V	34	131	9	21	3
VI	181	195	54	19	5
VII	473	198	115	24	12
VIII	506	144	97	8	4
IX	225	99	42	4	1
X	6	35	—	3	—
XI	—	13	—	3	—
XII	—	4	—	1	—
Summe/Jahr	1425	932	318	104	25

In der Tabelle 12 haben wir nun diese Verhältnisse für das ganze Jahr dargestellt. Die Resultate sind in vieler Hinsicht sehr merkwürdig. Mit Ausnahme der Monate Juli, August und September ist die Anzahl der schwülen Tage immer kleiner als die mit Gewittern¹. Vom November bis April treten zahlreiche Gewitter auf, ohne dass überhaupt ein schwüler Tag zu verzeichnen war. Der Jahreszeit entsprechend wird es sich hierbei zur Hauptsache um Frontgewitter handeln und es entsteht die Frage, ob nicht die SCHERHAGSche Kurve überhaupt nur für Wärmegewitter gilt? Doch wollen wir auf diese Probleme hier nicht näher eingehen. In der Spalte 3 haben wir dann noch die Gewitter aufgeführt, die zusammen mit schwülen Tagen auftreten. Sie machen, wie aus der Tabelle hervorgeht, insgesamt nur einen Drittel aller Gewitter aus, d. h. zwei Drittel aller Gewitter entfallen auf nichtschwüle Tage. Sogar in den eigentlichen Sommermonaten Juni, Juli und August treten mehr als die Hälfte der Gewitter an nichtschwülen Tagen auf. Die Schwüle in Mailand wird also durch Gewitter nicht in dem Masse verschärft wie man wohl annehmen möchte. Die Anzahl der Hagelfälle, die an schwülen Tagen festgestellt wurde, macht nur einen Viertel aller Hagelfälle aus. Zusammenfassend sehen wir also, dass die Korrelation zwischen Gewittern und Hagelfällen einerseits und schwülen Tagen andererseits für Mailand nicht besonders gross ist.

5. **Schlussbetrachtungen.** Selbstverständlich ist mit der vorliegenden Arbeit das Problem der Hitze und Schwüle von Mailand noch keineswegs erschöpfend behandelt. Es liessen sich noch viele Untersuchungen ausführen und noch manche, auch bioklimatisch bedeutungsvolle Fragen stellen. Hier ist nur der Versuch unternommen worden, zu zeigen, welche interessante Resultate sich aus der Bearbeitung eines relativ einfachen Beobachtungsmaterials gewinnen lassen. Ein grosser Teil der italienischen meteorologischen Beobachtungsstationen verfügt über ein erstaunlich gutes und zeitlich weit zurückliegendes Material, das noch eine Fülle von Erkenntnissen in sich birgt.

Literatur

- (1) KARL KEIL: Handwörterbuch der Meteorologie, Frankfurt 1950, S. 286.
- (2) W. MÖRIKOFER: Die Entwicklung der medizinischen Klimatologie in der Schweiz, «Die Schweiz und die Forschung», Bd. I, Heft 4/5, 1942, S. 334.
- (3) K. BÜTTNER: Physikalische Bioklimatologie, Leipzig 1938.
- (4) R. GEIGER: Das Klima der bodennahen Luftschichten, Braunschweig 1950.
- (5) CHR. THAMS: Über die Bedeutung klimatologischer Untersuchungen für die Bioklimatologie, Annalen der schweizerischen Gesellschaft für Balneologie und Klimatologie, Heft XXXVIII, 1947.
- (6) V. CONRAD: Die klimatologischen Elemente und ihre Abhängigkeit von terrestrischen Einflüssen, Handbuch der Klimatologie von W. Köppen und R. Geiger, Berlin 1936.
- (7) W. MÖRIKOFER: Klimatologische Gesichtspunkte zur Festlegung der Ferienzeiten, Revue Tourisme, 4, 1949, S. 133—142.

¹ Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Prof. Dr. F. ZAGAR sind als Gewittertage in den Jahrbüchern des Osservatorio Astronomico di Brera nur die aufgenommen, an denen in der Zone von Mailand ein Gewitter auftrat.

- (8) J. C. THAMS: Die sommerliche Wärme nord- und südwärts der Alpen, Leben und Umwelt, Nr. 5, 6. Jahrg. Februar 1950.
- (9) M. BIDER und J. C. THAMS: Die Schwüle meteorologisch betrachtet. Verhandlungen der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft, Davos 1950.
- (10) World Weather Records: Smithsonian Miscellaneous Collections, Volume 79 and 90.
- (11) MAX BIDER: Vom Basler Klima. «Wirtschaft und Verwaltung», 4. Heft, Oktober/Dezember 1948.
- (12) J. MAURER, R. BILLWILLER und C. HESS: Das Klima der Schweiz, Bd. I, 1909.
- (13) R. KNEPPEL: Über die Ursachen der Schwüle. Zeitschrift für Meteorologie, Bd. 2, 1948, S. 366.
- (14) W. W. SPANGENBERG: Meteorologische Beobachtungen an schwülen Tagen. Zeitschrift für Meteorologie, Heft 1—2, 1950, S. 8.
- (15) M. BOSSOLASCO: Il potere refrigerante dell'aria a Messina ed a Mogadiscio, Geofisica Pura e Applicata, Vol. VII, Fasc. 1—4, 1945, S. 33.
- (16) K. SCHARLAU: Die Schwüle als messbare Grösse. Bioklimatische Beiblätter der Meteorologischen Zeitschrift, Bd. 10, 1943, S. 19.
- (17) Aspirations-Psychrometertafeln. Herausgegeben vom Reichsamt für Wetterdienst, Berlin, Braunschweig 1937.
- (18) E. KLEINSCHMIDT: Handbuch der Meteorologischen Instrumente, Berlin 1935, S. 235.
- (19) R. SCHERHAG: Wetteranalyse und Wetterprognose. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1948, S. 278/279.