

"ERSTFRÜHLING" UND "APRILWETTER" - PROJEKTE IN DER EXPLORATIVEN DATENANALYSE

von Günter Nordmeier, Bad Essen

Kurzfassung: An Unterrichtsbeispielen aus der Klimatographie wird gezeigt, daß sich Begriffe, Diagrammformen und Methoden der Explorativen Datenanalyse besonders gut für eine sachangemessene und zugleich schülergerechte statistische Auswertung mit anschließender Interpretation eignen. Der Aufsatz enthält Vorschläge für einen fächerübergreifenden Unterricht im 9. und 10. Jahrgang.

1. Vorbemerkungen

Nach den derzeit geltenden Lehrplanvorgaben können Unterrichtssequenzen zur Beschreibenden Statistik in den Jahresarbeitsplänen von 9. und 10. Klassen allgemeinbildender Schulen nur einen sehr beschränkten Umfang einnehmen. Es ist jedoch zu bedenken, daß Begriffe und Verfahren der Statistik im Alltag und im Berufsleben eine immer größere Bedeutung erlangen.

In dieser Situation ist eine fachgerechte und schülergemäße Auswahl von Unterrichtsbeispielen ebenso wichtig wie eine Beschränkung auf wirklich tragfähige statistische Begriffe und elementare, jedoch in vielen Situationen einsetzbare statistische Fachmethoden.

Die vom Verfasser ausgewählten Unterrichtsbeispiele entstammen der Klimatologie Nordwestdeutschlands. Es handelt sich um die Aufbereitung aktueller Daten einiger Witterungsvariablen. Dieser Themenbereich bietet den Vorteil, daß die Schüler selbst ergänzende Meßreihen durchführen können. Das Datenmaterial entstammt also dem Erfahrungsbereich 14-16-jähriger Mädchen und Jungen, eine Tatsache, die bei der sachgerechten Interpretation und Einordnung der Untersuchungsergebnisse von Bedeutung ist.

Klimatologisch gesehen dienen die Untersuchungsergebnisse dazu, die typischen Merkmale zweier im Bewußtsein der Bevölkerung verankerter "Witterungssingularitäten" im Klima Nordwestdeutschlands quantitativ möglichst genau und sachgerecht zu erfassen und darzustellen. Es handelt sich um den "Erstfrühling" Ende März und das "Aprilwetter" zu Anfang April. Dieses Phänomen wird in den folgenden vier Unterrichtsbeispielen behandelt. In allen Beispielen bietet sich der Einsatz elementarer Begriffe und Verfahren der Explorativen Datenanalyse (die Abkürzung EDA ist weit verbreitet) geradezu an.

2. Tageshöchsttemperaturen Ende März und Anfang April

Für den angestrebten Vergleich werden die Meßwerte der Wetterstation Osnabrück herangezogen. Diese können als für Nordwestdeutschland repräsentativ angesehen werden (Begründung im Unterrichtsgespräch). Als "Erstfrühling" wird die Zeit vom 24.-29.3. festgesetzt, das "Aprilwetter" soll die Zeit vom 2.-7.4. umfassen.

Tab. 1: Tageshöchsttemperaturen in Osnabrück vom 23. März bis 8. April (1980-89).

Tag\Jahr	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
23. März	-1	11	9	8	10	11	9	7	10	8
24. "	2	13	10	8	12	10	8	11	9	9
25. "	12	16	14	7	11	11	8	13	6	10
26. "	11	16	16	7	13	10	8	12	10	14
27. "	13	15	19	6	11	6	13	12	8	20
28. "	16	17	15	7	13	6	12	10	9	23
29. "	8	14	6	7	8	7	11	7	8	14
30. "	9	13	6	7	8	10	8	7	11	15
31. "	11	14	10	10	6	11	8	9	10	18
1. April	12	16	16	13	4	15	8	10	10	10
2. "	9	11	20	7	5	11	11	10	14	6
3. "	7	15	12	7	3	20	8	13	9	6
4. "	8	7	15	9	4	23	4	10	10	6
5. "		10	19	8	5	20	7	12	10	4
6. "	10		22	10	7	16	4	12	10	9
7. "	12	20	13	5	6	13	8	19	17	12
8. "	7	15	9	10	7	14	5	16	10	13

Die hier genannten Daten wurden vom Verfasser den Wetterkarten des Deutschen Wetterdienstes entnommen. Die Daten vom 5. April 1980 und vom 6. April 1981 fehlen leider.

Zum Unterrichtsablauf im einzelnen:

(1) Durchmustern der Daten

Die beiden Datenmengen werden durchmustert. Auffallend warme bzw. kalte Abschnitte werden angesprochen. Erste Vermutungen über "normale" Witterungsabläufe in den beiden ausgewählten Abschnitten werden geäußert und hinterfragt (Unterrichtsgespräch).

(2) Anfertigen von Häufigkeitstabellen

Die Schüler/innen legen zwei Häufigkeitstabellen in der Form stilisierter Stengel-und-Blatt-Diagramme an.

Fig. 1: Stengel-und-Blatt-Diagramme: Vergleich der Tageshöchsttemperaturen Ende März mit Anfang April (1980-89).

"Erstfrühling" (24.-29. März)			"Aprilwetter" (2.-7. April)		
	n_i	N_i		n_i	N_i
2	x	1	1	-	-
3		-	1	1	1
4		-	1	4	5
5		-	1	3	8
6	xxxxx	5	6	4	12
7	xxxxxx	6	12	6	18
8	xxxxxxxxx	8	20	4	22
9	xxx	3	23	4	26
10	xxxxxxx	6	29	8	34
11	xxxxxxxx	6	35	3	37
12	xxxxxx	5	40	5	42
13	xxxxxxx	6	46	3	45
14	xxxxx	4	50	1	46
15	xx	2	52	2	48
16	xxxx	4	56	1	49
17	x	1	57	1	50
18		-	57	-	50
19	x	1	58	2	52
20	x	1	59	4	56
21		-	59	-	56
22		-	59	1	57
23	x	1	60	1	58

(3) Bestimmen von Kennwerten

Die Schüler/innen bestimmen ausgewählte Kennwerte (Lage- und

Streuungsmaßzahlen) der beiden Stichproben und rechnen Schätzer für die Standardabweichungen aus.

Lagemaßzahlen (die Angaben jeweils in °C)

Erstfrühling

x_{\min}	= 2
$x_{0.1}$	= 6,5
$x_{0.25}$	= 8
\tilde{x}	= 11
$x_{0.75}$	= 12,5
$x_{0.9}$	= 16
x_{\max}	= 23

Aprilwetter

x_{\min}	= 3
$x_{0.1}$	= 5
$x_{0.25}$	= 7
\tilde{x}	= 10
$x_{0.75}$	= 13
$x_{0.9}$	= 20
x_{\max}	= 23

Streuungsmaßzahlen (Angaben in K)

Erstfrühling

w	= 21
I_{50}	= 4,5
I_{80}	= 9,5
\hat{s}_1	= 3,3
\hat{s}_2	= 3,7

Aprilwetter

w	= 20
I_{50}	= 6
I_{80}	= 15
\hat{s}_1	= 4,4
\hat{s}_2	= 5,9

Dabei ist w die Spannweite, I_{50} der Interquartilabstand, I_{80} der Interdezilabstand, \hat{s}_1 und \hat{s}_2 sind Schätzer der Standardabweichung s: $\hat{s}_1 = I_{50} : 1,35$, $\hat{s}_2 = 0,39 \cdot I_{80}$. Alle hier angeführten Maßzahlen sind in der EDA sehr gebräuchlich. Bildet man die Mittelwerte aus den beiden Schätzern für die Standardabweichung, dann ergeben sich die folgenden Standardumgebungen des Zentralwertes:

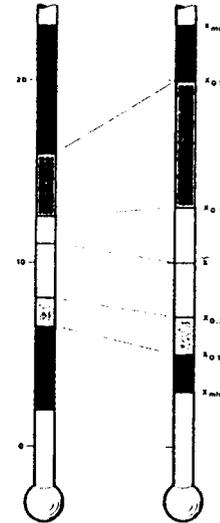
Erstfrühling: 7,5 bis 14,5 °C Aprilwetter: 4,8 bis 15,2 °C

(4) Anfertigen eines "Thermometerdiagramms"

Die Schüler/innen stellen die Häufigkeitsverteilungen der Tageshöchsttemperaturen in den zwei ausgewählten Zeitabschnitten dar. Statt des sehr formal wirkenden "Kastenbildes" der EDA schlägt der Verfasser hier ein "Thermometerdiagramm" vor. Dabei werden die gleichen Einteilungsmerkmale wie beim Kastenbild benutzt. Folgende Farbgebung unterstützt die Lesbarkeit des Diagramms: Die Intervalle von x_{\max} bis $x_{0.9}$ werden dunkelrot, von $x_{0.9}$ bis $x_{0.75}$ hellrot, von $x_{0.25}$ bis $x_{0.1}$ hellblau und von

$x_{0.1}$ bis x_{\min} dunkelblau unterlegt.

Fig. 2: Thermometerdiagramme: Tageshöchsttemperaturen Ende März und Anfang April (1980-89).



(5) Interpretation der bisherigen Untersuchungsergebnisse

a) Für den Erstfrühling gilt: Normale Tageshöchsttemperaturen liegen zwischen 8 und 12,5°C. Temperaturen über 16°C müssen als außergewöhnlich hoch, unter 6,5°C als ungewöhnlich niedrig angesehen werden. Als "normal" wird hierbei das von den Quartilen bestimmte Intervall angesehen. Man könnte auch die Standardumgebung des Zentralwertes wählen.

b) Für das Aprilwetter gilt: Normale Tageshöchsttemperaturen liegen zwischen 7 und 13°C. Temperaturen über 20°C muß man "als für die Jahreszeit viel zu warm", unter 5°C "als für die Jahreszeit viel zu kalt" bezeichnen.

c) Das Thermometerdiagramm, die eben getroffenen Aussagen, überhaupt ein Blick auf die Kennwerte zeigen: Die Temperaturen Anfang April "streuen" viel mehr als die Temperaturen in der Zeit unmittelbar davor. So treten u.a. Anfang April wieder recht kühle Tage auf (etwa 20% aller erfaßten Tage haben eine Tageshöchsttemperatur kleiner gleich 6°C). Umgekehrt ist aber auch die Zahl der relativ warmen Tage (der Vorboten des Sommers) schon bemerkenswert hoch.

d) Diese Ergebnisse können unterschiedliche Ursachen haben: So ließe sich die starke Streuung der Temperaturen Anfang April durch "unbeständiges Wetter" erklären. Es könnte aber auch sein, daß sich im Laufe der Jahre zu Anfang April sehr unter-

schiedliche Großwetterlagen ausbilden. Beiden Fragestellungen soll nachgegangen werden.

- * Bemerkungen zum Unterrichtsablauf: In Kursen mit lernschwächeren Schülern könnte man auf die beiden Dezile $x_{0,1}$ und $x_{0,9}$ und damit auf den zweiten Schätzer für die Standardabweichung verzichten.
- * Mit lernstärkeren Schülern dagegen kann man auch über die Problematik der "statistischen Ausreißer" sprechen und im Sinne der EDA festsetzen: Alle Daten außerhalb der Intervalle $\bar{x}-2\hat{s}$ bis $\bar{x}+2\hat{s}$ heißen "Ausreißer".

3. Temperaturschwankungen von einem Tag auf den anderen Ende März und Anfang April

Auch in diesem Unterrichtsbeispiel werden die Daten der Wetterstation Osnabrück für die Zeitabschnitte vom 24.-29. März und vom 2.-7. April untersucht. Um Informationen über die Beständigkeit bzw. Wechselhaftigkeit des Wetters zu erhalten, kann man die Schwankungen der Tageshöchsttemperaturen von einem Tag auf den anderen untersuchen.

Tab. 2: Differenz in der Tageshöchsttemperatur zum Vortag in Osnabrück, 24. März bis 8. April - 1980-89 (K).

Tag\Jahr	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
24. März	3	2	1	0	2	-1	-1	4	-1	1
25. "	10	3	4	-1	-1	1	0	2	-3	1
26. "	-1	0	2	0	2	-1	0	-1	4	4
27. "	2	-1	3	-1	-2	-4	5	0	-2	6
28. "	3	2	-4	1	2	0	-1	-2	1	3
29. "	-8	-3	-9	0	-5	1	-1	-3	-1	-9
30. "	1	-1	0	0	0	3	-3	0	3	1
31. "	2	-1	4	3	-2	1	0	2	-1	3
1. April	1	2	6	3	-2	4	0	1	0	-8
2. "	-3	-5	4	-6	1	-4	3	0	4	-4
3. "	-2	4	-8	0	-2	9	-3	3	-5	0
4. "	1	-8	3	2	1	3	-4	-3	1	0
5. "		3	4	-1	1	-3	3	2	0	-2
6. "			3	2	2	-4	-3	0	0	5
7. "	2		-9	-5	-1	-3	4	7	7	3
8. "	-5	-5	-4	5	1	1	-3	-3	-7	1

Faßt man als Temperaturschwankungen von Tag zu Tag die absoluten Werte der Temperaturdifferenzen aus Tab. 2 auf und untersucht man die Häufigkeitsverteilung dieser Schwankungen, dann ist folgende Einteilung angemessen:

Temperatur gleichbleibend	: d = 0
Geringe Schwankungen	: $1 \leq d \leq 4$
Starke Schwankungen	: $d \geq 5$

Eine Auswertung der Temperaturdifferenzen nach diesen Klassenbildungsmerkmalen ergibt folgendes Bild:

Tab.3: Zahl der Tage mit den verschiedenen Klassen von Temperaturschwankungen - 24.-29. März und 2.-7. April.

Temperatur	Zahl der Tage		Prozent	
	März	April	März	April
Gleichbleibend	8	7	13,3	12,5
Geringe Schwankungen	45	38	75,0	67,9
Starke Schwankungen	7	11	11,7	19,6

In der Zeit vom 24.-29. März traten an etwa 1/8 aller Tage starke Temperaturschwankungen auf. Vom 2.-7. April war dies allerdings bei einem Fünftel aller Tage der Fall. Doch sehen wir uns die Schwankungen in den einzelnen Jahren (Tab. 4) an.

Tab. 4: Veränderungen der Tageshöchsttemperaturen zum Vortag in Osnabrück - Ende März - Anfang April (in Kelvin).

Tag/Jahr	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
<u>24.-29. März</u>										
Temperatur	Zahl der Tage									
gleichbleib.	-	1	-	3	-	1	2	1	-	-
geringe Schw.	4	5	5	3	5	5	3	5	6	4
starke Schw.	2	-	1	-	1	-	1	-	-	2
Zentralwert d. Schwankungen	3	2	3,5	0,5	2	1	1	2	1,5	3,5
<u>2.-7. April</u>										
Temperatur	Zahl der Tage									
gleichbleib.	-	-	-	1	-	-	-	2	2	2
geringe Schw.	4	2	4	3	6	5	6	3	2	3
starke Schw.	-	2	2	2	-	1	-	1	2	1
Zentralwert d. Schwankungen	2	4,5	4	2	1	3,5	3	2,5	2,5	2,5

Bezeichnet man nun diejenigen 6-Tages-Abschnitte, in denen mindestens 2 Tage mit starken Schwankungen oder mindestens 3 Tage mit Schwankungen von 4 Kelvin und mehr auftraten, als "unbeständige" Witterungsabschnitte, dann ergibt sich: Vom 24.-29. März trat in 3 von 10, vom 2.-7. April dagegen in 5 von 10 Jahren unbeständiges Wetter auf.

Tab. 5: Zentralwerte der Tageshöchsttemperaturen in den ausgewählten Zeitabschnitten der Jahre 1980 bis 1989

Tag\Jahr	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
24.-29. 3.	11,5	15,5	14,5	7,0	11,5	8,5	9,5	11,5	8,5	14,0
2.-7. 4.	9,0	11,0	17,0	7,5	5,0	18,0	7,5	12,0	10,0	6,0
	Kennwerte dieser Verteilungen:									
	x_{\min}	$x_{0.25}$	x	$x_{0.75}$	x_{\max}					
24.-29. 3.	7,0	8,5	11,5	14,3	15,5					
2.-7. 4.	5,0	6,8	9,5	14,5	18,0					

Aus Tab. 5 sieht man, daß die Temperaturen Anfang April von Jahr zu Jahr viel stärker schwanken als dies Ende März der Fall ist. So traten vom 2.-7. April in den Jahren 1984 und 1989 Wetterlagen mit spätwinterlichen Temperaturen, in den Jahren 1982 und 1985 jedoch Abschnitte mit frühlommerlichen Temperaturen auf, 1983 war es in beiden Zeitabschnitten durchgehend kühl. Eine weitere Eigenart des nordwestdeutschen Klimas ist aus Tab. 5 ersichtlich: In rund 1/3 der erfaßten Jahre änderte sich Anfang April das Wettergeschehen grundlegend.

Zusammenfassung der Ergebnisse:

- Anfang April schwanken die Tageshöchsttemperaturen von Tag zu Tag etwas stärker als Ende März.
- Anfang April schwanken die Tageshöchsttemperaturen von Jahr zu Jahr außerordentlich stark.
- In den ersten Apriltagen kommt es häufig zu einer völligen Umgestaltung der herrschenden Großwetterlage. Darüber wird die Untersuchung der Windrichtungen weitere Hinweise geben. Diese Eigenschaften des Wetters zu Anfang April spiegeln sich in der Häufigkeitstabelle der Tageshöchsttemperaturen wider. Am

besten nimmt man jetzt noch einmal das diesbezügliche "Stengel- und-Blatt-Diagramm" zur Hand. Die große Streuung war uns aufgefallen. Immerhin beträgt der Interdezilabstand 15 K bei einer Spannweite von 20 K.

Die Schüler/innen lernen bei der Interpretation dieser Kennwerte, daß man oft mehrere Eigenschaften des untersuchten Phänomens heranziehen muß, um sachgerecht angeben zu können, was die ermittelten Kennwerte messen bzw. beschreiben. Die hohe Streuung weist in unserem Beispiel auf Witterungseigenschaften von durchaus verschiedenen typischen Wetterabläufen dieses Zeitabschnitts hin. Diese Untersuchung und die folgenden Unterrichtsbeispiele zeigen, daß man zu oberflächlich vorgeht, wenn man aus der hohen Streuung einfach auf eine "unbeständige" Witterung schließt. Abgesehen davon: man müßte zunächst auch einmal den Begriff "unbeständiges Wetter" klären.

Für die meteorologisch-klimatologisch besonders interessierten Leser/innen sei hier noch eine Übersicht über die Großwetterlagen in den ausgewählten Zeitabschnitten der Jahre 1980 bis 1989 mitgeteilt (Einschätzungen des Verfassers, im wesentlichen nach der Klassifikation von BAUR, 1948).

Tab. 6: Mitteleuropäische Großwetterlagen vom 24.-29. März und 2.-7. April (1980-89).

Tag/Jahr	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
24. März	TB	W	BNE	TB/TSk	HF/TB	TB	TI/W	TI/W	W	W
25. "	TB	W	HE	NW/TSk	HF-TB	TB	NW	TI/W	W	W
26. "	TB	W	HE	NW/TSk	TB	TB	W	WI	W	NW/HE
27. "	TB	W	HE	TK	TB	N/TSk	TI/W	TB	NW	HE-S
28. "	TB	TI	ü	TK	TB	N	W	TN	W	HO
29. "	TB	TI	NW	TI	TK	ü	W	N/TSk	TI/TB	NW
2. April	TI	HF	HO	TK	N	ü	TSk	TB/HF	H	HF
3. "	TI	HF	ü	TK	ü	ZwiH	N	TB/HF	H	HF
4. "	HW	HF	HE	TB	TK	SW/HO	N	TB	B	HF
5. "	HW	HN	HE	TB	TK	TI/SW	N	TB	B	HF
6. "	HW	HW	HO	TB	TK	TI/SW	BNE	TB	B	HF/TB
7. "	HW	HE	ü	TB	TK	TI/TB	BNE	ZwiH	B	TB/HF

Tab. 7: Zuordnung zu Großwetterlagen-Gruppen für die Zeitabschnitte 24.-29. März und 2.-7. April (1980-89).

Großwetterlage	Zeitabschnitt	
	24.-29. März	2.-7. April
a) Wetterlage mit nördl. od. nordwestl. Winden (NW, HW, N u.a.)	8	11
b) Kontinentale Hochdruckwetterlagen	5	17
c) Westwetterlagen	14	0
d) Zentraltief-Wetterlagen (TI, TB, TK)	20	16
e) Sonstige Wetterlagen	13	16

4. Sonnenscheindauer Ende März und Anfang April

Auch hier wird ein Vergleich zwischen den Zeitabschnitten vom 24.-29. März und 2.-7. April angestrebt. Aus einer Urliste mit den Daten von 1980 bis 1989 entstanden folgende Stengel- und Blatt-Diagramme mit beigefügten Häufigkeitstabellen.

Fig. 3: Stengel- und Blatt-Diagramme: Sonnenscheindauer in Osnabrück (in h/d) für die Zeit vom 24.-29. März und 2.-7. April (1980-89).

24.-29. März			2.-7. April		
	n_i	N_i		n_i	N_i
0	000000000	9 9	0	000000000000000000	17 17
0,	672155725	9 18	0,	7	1 18
1,	031	3 21	1,	746137828	9 27
2,	6715799885	10 31	2,	22507	5 32
3,	35677	5 36	3,	278928	6 38
4,	8183667	7 43	4,	825	3 41
5,	6471	4 47	5,	2	1 42
6,	9426	4 51	6,	08967	5 47
7,	5	1 52	7,	8	1 48
8,	55	2 54	8,	03151	5 53
9,	7	1 55	9,	0474	4 57
10,	76244	5 60	10,	10	2 59
			11,	0	1 60

Während die Verteilung für Ende März noch eine gewisse zentrale Tendenz aufweist, könnte man die für Anfang April fast als gleichmäßig abfallend mit einem Randextremum bezeichnen. Ordnet man die Werte in den Klassen der Größe nach (was man in Gruppen mit lernschwächeren Schülern unbedingt tun sollte), sieht man

die fehlende zentrale Tendenz noch deutlicher (Fig. 4).

Fig. 4: Stengel- und Blatt-Diagramm: Aprildaten mit geordneten Zeilen.

2.-7. April		N_i		
0,	00000000000000000007	18		
1,	123467788	27		
2,	02257	32		
3,	227889	38	$\bar{x} = 2,4$	$\bar{x} = 3,6$ (TR)
4,	258	41		
5,	2	42	$\hat{s}_1 = 5,0$	$s = 3,5$
6,	06789	47		
7,	8	48	$\hat{s}_2 = 3,6$	
8,	01135	53		
9,	0447	57		
10,	01	59		
11,	0	60		

Es ist also wenig sachgerecht, in diesem Falle Kennwerte der zentralen Tendenz zu berechnen oder gar zu interpretieren. Tut man dies probeweise dennoch, dann zeigen die Abweichungen von \bar{x} und \tilde{x} , mehr noch aber die Umgebungen, daß diese Kennwerte nicht aussagekräftig sind. Hier erleben die Schülerinnen und Schüler, daß man andere Wege bei der statistischen Auswertung beschreiten muß.

Von diesen Überlegungen ausgehend gelangt man im Unterrichtsgespräch zu einer Klassierung der Sonnenscheindauer. Schüler/innen folgen dabei der Anregung, daß es bei der Festsetzung von Klassengrenzen die astronomisch mögliche Sonnenscheindauer zu berücksichtigen gilt. In einem vom Verfasser geleiteten Unterrichtsgespräch entstand folgende Einteilung:

- a) Tage ohne Sonnenschein: Sonnenscheindauer 0 h/d
- b) Sonnenarme Tage: 0,1 h/d bis 20% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer
- c) Tage mit wechselnder Bewölkung: mehr als 20% bis 60% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer
- d) Sonnenreiche Tage: Mehr als 60% der astronomisch möglichen Sonnenscheindauer

Die folgende Tabelle weist die Häufigkeiten für die Sonnenscheindauer aufgrund dieser Setzungen aus.

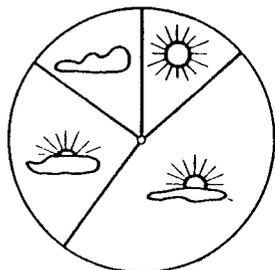
Tab. 8: Sonnenscheindauer in Klassen in Osnabrück (1980-89).

	24.-29. März	2.-7. April
Mittlere astronomisch mögliche Sonnenscheindauer in Osnabrück	12,6 h/d	13,2 h/d
	Zahl bzw. %-Anteil der Tage	
ohne Sonnenschein	9 15,0 %	17 28,3 %
sonnenarm	15 25,0 %	14 23,3 %
wechselnde Bewölkung	28 46,7 %	17 28,3 %
sonnenreich	8 13,3 %	12 20,0 %

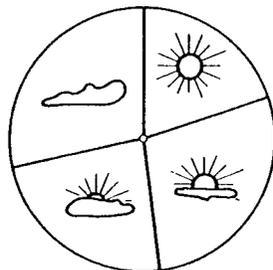
Bei der Analyse von Tab. 8 wird deutlich, wie unterschiedlich die Sonnenscheindauer in den beiden ausgewählten Zeitabschnitten insgesamt in den letzten 10 Jahren ausgefallen ist. Die nachfolgenden Kreisdiagramme (Fig. 5) veranschaulichen dies.

Fig. 5: Kreisdiagramme: Sonnenscheindauer in Osnabrück (1980-89).

24.-29. März



2.-7. April



Differenziertere Aussagen wären möglich, wenn man - analog zum vorhergehenden Unterrichtsbeispiel - die Schwankungen der Sonnenscheindauer von Tag zu Tag und die mittlere Sonnenscheindauer in den ausgewählten Zeitabschnitten von Jahr zu Jahr untersuchen würde. Darauf wollen wir hier verzichten.

Die in diesem Beispiel beschriebenen statistischen Untersuchungen stellen ohnehin recht hohe Leistungsanforderungen für 14- bis 15-jährige Schülerinnen und Schüler dar und sollten daher Realschülern, Gymnasiasten und den leistungsstärkeren Gesamtschüler/innen vorbehalten bleiben. Die ganze, in diesem

Aufsatz dargestellte Unterrichtseinheit ist allerdings auch ein passendes Unterrichtsprojekt für eine besonders interessierte 10. Hauptschulklasse. In diesem Falle sollte man die anwendungsorientierte Komponente jedoch noch stärker betonen (z.B. auch eigene Messungen vornehmen und auswerten).

5. Windrichtungen in NW-Deutschland Ende März und Anfang April

Auch in diesem Unterrichtsbeispiel werden die Zeitabschnitte vom 24.-29. März bzw. vom 2.-7. April zum Vergleich herangezogen. Bei den in der folgenden Urliste (Tab. 9) vorgelegten Daten handelt es sich um 10 % gestutzte Mittel aus den Meßwerten um 12 GMT (Greenwich Mean Time) der Stationen Emden, Bremen, Cuxhaven, Soltau, Hannover, Osnabrück, Lingen, Münster, Essen und Bocholt. Die Daten wurden vom Verfasser aus den in den Wetterkarten des Deutschen Wetterdienstes mitgeteilten Meßwerten berechnet. Das in der Tab. 9 verwendete Symbol "u" bedeutet zunächst "umlaufende Winde". Hier steht es jedoch auch, wenn am Datumstage um 12 GMT die Windrichtungen in Teilgebieten Nordwestdeutschlands so unterschiedlich waren, daß sie nicht durch einen Mittelwert sinnvoll wiedergegeben werden können.

Im Unterricht sollte man an einigen ausgewählten Beispielen zeigen, wie die Daten der Urliste bestimmt worden sind. Die folgenden Meßwerte stammen aus dem Jahre 1988:

	24.März	25.März	26.März	27.März
Emden	-S = 180	S = 180	WSW = 247,5	NW = 315
Bremen	SSW = 202,5	SSW = 202,5	W = 270	NW = 315
Cuxhaven	SSW = 202,5	-SW = 225	W = 270	NW = 325
Hannover	-SW = 225	SSE = 157,5	W = 270	WSW = 247,5
Soltau	SSW = 202,5	S = 180	NNW = 337,5	W = 270
Lingen	SSW = 202,5	-SE = 135	WNW = 292,5	-N = 360
Osnabrück	SSW = 202,5	SSE = 157,5	WNW = 292,5	WNW = 292,5
Essen	SSW = 202,5	SSW = 202,5	W = 270	WNW = 292,5
Münster	S = 180	SSE = 157,5	W = 270	W = 270
Bocholt	SSW = 202,5	SE = 135	W = 270	NW = 315

Mit dem Taschenrechner berechnet:

\bar{x} 10% gest.:	200	172	276	298
s :	8	24	10	20

Statistische Auswertungen von gemessenen Windrichtungen sind nicht unproblematisch. In jedem Falle können sich Schüler besser in die Situation hineindenken, wenn sie selbst entsprechende Messungen durchführen. Dabei werden sie fast immer erleben, daß die Windfahne innerhalb weniger Minuten zum Teil erhebliche Windrichtungsänderungen anzeigt. Im Deutschen Wetterdienst ist es deshalb üblich, als Windrichtung zu einem bestimmten Zeitpunkt das Zehnminutenmittel der Zeitspanne direkt vor diesem Zeitpunkt anzugeben - und zwar als Ziffernfolge in der sechzehnteiligen Windrose (siehe die Beispiele oben).

Die vom Verfasser in der nachfolgenden Tabelle angegebenen Windrichtungen sind auf ganze Zahlen gerundete Werte, die man als erstes sofort wieder der Windrosenskala zuzuordnen hätte. Es leuchtet Schülern ein, daß aus einer Datensammlung berechnete Werte nicht genauer als die ursprünglichen Daten sein können.

Tab. 9: Windrichtungen in Nordwestdeutschland um 12 GMT (gestützte Mittelwerte von 10 Stationen in Grad rw.)

Tag\Jahr	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
24. März	84	253	u	273	127	203	158	208	200	237
25. "	115	250	270	270	132	236	256	160	172	273
26. "	174	264	295	11	158	239	242	256	276	217
27. "	158	231	100	211	233	340	217	188	298	147
28. "	225	124	302	332	222	304	245	236	250	208
29. "	217	104	242	173	270	253	222	290	183	u
2. April	290	37	u	354	31	267	248	124	262	76
3. "	354	353	276	312	340	217	23	104	51	84
4. "	8	329	u	180	326	233	8	90	73	84
5. "	11	8	138	208	169	180	25	253	62	84
6. "	u	104	197	270	124	153	65	253	62	180
7. "	293	155	225	250	183	188	79	160	73	239

Die Windrichtung gibt an, woher der Wind weht. Es ist üblich, die Windrichtung nach der 360-teiligen Windrose (360 Grad = Nord) anzugeben.

"rw." bedeutet "rechtsweisend" und meint, daß die Skala von Nord über Ost umlaufend abzulesen ist: 22.5 Grad = NNE, 45 Grad = NE usw. In Tab. 10 sollen "ldr." und "rdr." Abkürzungen für "linksdrehend" und "rechtsdrehend" sein.

Tab.10: Änderungen der Windrichtungen in NW-Deutschland gegenüber dem Vortage (in Grad ldr. oder rdr.)

Tag\Jahr	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
24. März	5	90	u	40	20	1	120	25	17	33
25. "	31	3	u	3	5	33	98	48	28	36
26. "	59	14	25	101	26	3	14	96	104	56
27. "	16	33	165	160	95	101	25	68	22	70
28. "	67	107	158	121	11	36	28	48	48	61
29. "	8	20	60	159	48	51	23	54	67	u
2. April	90	84	u	88	25	25	1	25	45	53
3. "	64	40	u	42	51	50	135	20	149	8
4. "	14	24	u	132	14	16	15	14	22	0
5. "	3	39	u	28	157	53	17	163	11	0
6. "	u	96	59	62	45	27	40	0	0	96
7. "	u	41	28	20	59	35	14	93	11	59

	24.-29. März	2.-7. April
Unteres Quartil	22	15
Zentralwert	40	37
Oberes Quartil	70	59
Schätzer für s	36	33

Möglicher Unterrichtsablauf:

(1) Durchmustern der Daten

Die beiden Datenmengen in Tab. 9 werden durchmustert. Ergebnis: Die zweite Stichprobe (Windrichtungen vom 2.-7. April) enthält auffallend viele Werte zwischen 0 und 100 und ebenfalls viele Werte zwischen 300 und 360. Dagegen überwiegen bei der ersten Datenmenge offensichtlich westliche und südwestliche Windrichtungen. Diese Vermutungen müssen statistisch überprüft werden.

(2) Anfertigen von Häufigkeitstabellen

Es werden zwei Häufigkeitstabellen angelegt (siehe unten!) Vorfrage: Wie viele Klassen? Welche Klassenbreiten? Beide Stichprobenumfänge sprechen für jeweils 8 Klassen. Es liegt also nahe, die Klasseneinteilung nach der achteiligen Windrose auszurichten. Die sechzehnteilige Windrose wäre ohnehin für unsere Zwecke zu fein, weil die jeweiligen Meßwerte der ausgewählten 10 nordwestdeutschen Stationen (auch noch nach der Stützung) oft erheblich streuen.

Mit lernstarken Schüler/innen des 10. Jahrgangs sollte man

durchaus darüber sprechen, daß die Daten der Tab. 9 aufgrund ihrer Berechnungsmethode eine Meßgenauigkeit widerspiegeln, die praktisch nicht erreichbar ist, so daß die nachträgliche Zuordnung zu einer größeren Skala unumgänglich ist.

Fig. 6: Stengel-und-Blatt-Diagramme mit Häufigkeitsspalten: Windrichtung in NW-Deutschland, Ende März und Anfang April (1980-89).

Windrichtungen vom 24.-29. März

			n_i	N_i	h_i %
NE	23 - 67		0	0	0
E	68 - 112	XXX	3	3	5,2
SE	113 - 157	XXXXX	5	8	8,6
S	158 - 202	XXXXXXXXXX	10	18	17,2
SW	203 - 247	XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX	19	37	32,8
W	248 - 292	XXXXXXXXXXXXXXXXXX	14	51	24,1
NW	293 - 337	XXXXX	5	56	8,6
N	338 - 22	XX	2	58	3,4

Windrichtungen vom 2.-7. April

			n_i	N_i	h_i %
NE	23 - 67	XXXXXXXX	8	8	14,0
E	68 - 112	XXXXXXXXXXXX	10	18	17,5
SE	113 - 157	XXXXX	5	23	8,8
S	158 - 202	XXXXXXXXXX	8	31	14,0
SW	203 - 247	XXXXX	5	36	8,8
W	248 - 292	XXXXXXXXXX	9	45	15,8
NW	293 - 337	XXXX	4	49	7,0
N	338 - 22	XXXXXXXX	8	57	14,0

In der Häufigkeitsverteilung für die Windrichtungen vom 24.-29. März sind die beiden Quartile und der Zentralwert hervorgehoben. Bei der anderen Verteilung wäre es sinnleer, Lagemaßzahlen zu bestimmen. Auch darüber sollte mit Schüler/innen gesprochen werden.

(3) Vergleich der Ergebnisse

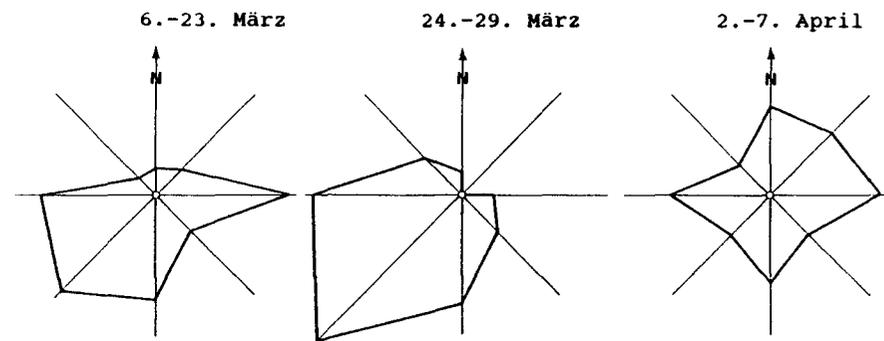
Die beiden Häufigkeitsverteilungen werden verglichen und analysiert: Die beiden Verteilungen sind grundverschieden. Die Windrichtungen vom 24.-29. März ergeben eine fast symmetrische Verteilung mit hoher zentraler Tendenz. Allein zur Zentralwertklasse gehören rund 1/3 aller Werte. Die Windrichtungen vom 2.-7. April dagegen sind über die ganze Windrose fast gleichmäßig

verteilt. Ende März dominieren südliche, südwestliche und westliche Winde. Sie allein machen bereits rund 75% (!) aller festgestellten Windrichtungen zu dieser Zeit aus. Anfang April dagegen treten nördliche bis östliche Winde etwas häufiger als südliche bis westliche Winde auf.

(4) Zeichnen von Winddiagrammen

Diese Winddiagramme (Fig.7) sind mehr als eine Veranschaulichung der gerade untersuchten Häufigkeitsverteilungen. Sie zeigen z.B. sofort die völlige Umstellung des Wettergeschehens Ende März/Anfang April. Zur weitreichenderen Interpretation hat der Verfasser ein Winddiagramm für die Zeit vom 6.-23. März hinzugefügt.

Fig. 7: Winddiagramme für NW-Deutschland für Zeitabschnitte im März und April 1980-89.



(5) Vergleich der Windrichtungen von Jahr zu Jahr

Tab.11: Mittlere Windrichtung im März und April

Jahre	80	81	82	83	84	85	86	87	88	89
Zentralwerte										
24.-29. März	166	240	270	-	-	246	232	222	225	217
2.-7. April	354	23	211	260	-	203	45	142	68	84
Mittelwerte										
24.-29. März	162	204	242	212	190	263	223	223	230	216
2.-7. April	191	164	209	262	196	206	75	164	97	125

Anmerkungen: "-" bedeutet: In diesen Zeitabschnitten lassen sich aus sachlichen Gründen keine Maßzahlen für eine mittlere Windrichtung angeben. Um dem tatsächlichen Wettergeschehen gerecht zu werden, wurden die einzelnen Windrichtungen vom April 1981 wie folgt geordnet: 329/353/8/37/104/155, d.h. von NW über N nach E.

Die Schüler/innen sehen an mehreren Beispielen, daß mittlere Windrichtungen weitaus besser von Zentralwerten als von arithmetischen Mitteln wiedergegeben werden. Betrachten wir dazu z.B. den Zeitabschnitt vom 2.-7. April 1980: Es traten dreimal Nordwinde, zweimal Nordwestwinde auf, einmal ist "u" verzeichnet. Ordnet man, wie es dem Wettergeschehen entspricht, die Daten von NW über N nach E, dann erhält man als Zentralwert 354 (Grad rw.). Dies kann man als mittlere Windrichtung des fraglichen Zeitabschnitts durchaus akzeptieren. Das arithmetische Mittel dagegen ergäbe 191 (Grad rw.) und damit eine Windrichtung, die über den Wetterablauf vom 2.-7. April 1980 etwas völlig Falsches aussagen würde. Auch am Zeitabschnitt vom 2.-7. April 1981 könnte man aufzeigen, daß der Zentralwert die mittlere Windrichtung hinreichend genau einfängt, das arithmetische Mittel dagegen nicht.

Die Auswertung der Zentralwerte von Tab. 11 ergibt: In 7 von 10 Jahren dominierten vom 24.-29. März südwestliche und westliche Winde. In der Zeit vom 2.-7. April dominierten in 5 von 10 Jahren östliche Winde. Außerdem stellen die Schüler/innen fest, daß in 6 von 10 Jahren zwischen den beiden Witterungsabschnitten eine völlige Änderung in der jeweils vorherrschenden Windrichtung eintrat. Die Aussagen in (3) und (5) bestätigen einander.

(6) Statistik der Wetterlagen im März und April

Frage: Wie stabil sind denn nun die Wetterlagen in den ausgewählten Zeitabschnitten? Zur Beantwortung können die Schüler/-innen Tab. 10 auswerten und ihr Ergebnis mit den Feststellungen aus dem Unterrichtsbeispiel zu den Temperaturschwankungen zum Vortag vergleichen.

Ergebnis: Die Temperaturschwankungen von Tag zu Tag sind Anfang April in der Mehrzahl der Jahre etwas größer als Ende März.

Bei den täglichen Windrichtungsänderungen bestehen zwischen den beiden Zeitabschnitten keine signifikanten Unterschiede.

Der Volksmund behauptet jedoch, daß das sogenannte "Aprilwetter" (also das Wetter Anfang April) besonders "unbeständig" sei. Unsere bisherigen Untersuchungsergebnisse belegen dies nicht. Wir konnten allerdings eindeutig zeigen, daß es Ende März/Anfang April zu einer tiefgreifenden Umstellung im Großwettergeschehen kommt, daß Anfang April in der Regel völlig andere Großwetterlagen als Ende März auftreten. Außerdem ist der Wetterablauf Anfang April von Jahr zu Jahr sehr viel uneinheitlicher als in der Zeit vom 24.-29. März.

Folgendes Phänomen könnte noch betrachtet werden: Anfang April treten häufig Großwetterlagen auf, bei denen Kaltluftvorstöße aus Nordwesten oder aus Norden erfolgen. Während solcher Wetterlagen werden Staffeln polarer Luftmassen gegen Mitteleuropa geführt. Es kommt zu kurzen, schauerartigen Regen- oder gar Schneefällen. Diese werden Anfang April, also zu einer Zeit, in der die Menschen auf den Frühling warten, als sehr unangenehm betrachtet und prägen sich deshalb dem Gedächtnis gut ein. Daß es in der gleichen Zeit in anderen Jahren fast frühlingsartige Sonnentage gibt, behalten die Menschen offenbar nicht.

6. Niederschläge in NW-Deutschland Ende März und Anfang April

Eine weitere Unterrichtseinheit könnte sich mit den Niederschlägen in den ausgewählten Zeitabschnitten befassen. Auszuwerten wären die täglichen Niederschlagssummen, die Häufigkeiten der Tage ohne Niederschläge, der Tage mit geringen, schwachen und starken Niederschlägen. Um die Frage nach der Beständigkeit bzw. Wechselhaftigkeit des Wetters endgültig zu klären, könnte man die Sechsstundenmeldungen auf den täglichen Wetterkarten durchgehen. Sie enthalten nämlich Hinweise, wie "bedeckt", "wolkig", "Regen", "Schauer", "Gewitter", "Schnee" usw., Hinweise, die das jeweilige 6-Stunden-Intervall beschreiben sollen. Die Bereitstellung des zugehörigen Datenmaterials

würde einen enormen Zeitaufwand bedeuten und den Rahmen dieses Aufsatzes sprengen.

Da wir mit diesem Beitrag auch aktuelles Datenmaterial für den Statistikerunterricht der allgemeinbildenden Schule beisteuern möchten, teilen wir abschließend die täglichen Niederschlagssummen der letzten 10 Jahre für Nordwestdeutschland für die ausgewählten Zeitabschnitte mit (Tab. 12).

Tab.12: Tägliche Niederschläge (in mm) in Nordwestdeutschland 1980-89 (10 % gestutzte Mittel der Meßwerte von Emden, Bremen, Cuxhaven, Soltau, Hannover, Osnabrück, Lingen, Münster, Essen und Bocholt).

Tag\Jahr	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988	1989
23. März	.	8,6	.	14,9	.	0,1	7,4	6,8	4,9	3,9
24. "	.	3,0	.	1,1	1,5	1,4	10,1	1,7	8,9	15,0
25. "	0,5	8,8	.	7,0	0,1	2,9	1,7	5,6	5,1	0,0
26. "	1,0	6,0	.	2,6	2,0	5,3	2,2	.	8,1	.
27. "	2,0	.	.	5,0	5,9	2,9	12,5	3,1	4,9	.
28. "	6,4	.	.	1,6	2,3	1,8	3,0	2,9	3,6	.
29. "	5,5	.	1,0	4,5	0,8	6,7	5,9	1,1	3,8	.
30. "	1,3	0,0	.	4,8	0,3	6,1	3,4	0,5	0,6	0,0
31. "	1,6	0,0	.	0,9	2,5	7,1	10,0	.	0,1	.
1. April	17,3	0,0	.	0,7	.	3,8	2,8	.	0,1	.
2. "	4,0	0,0	1,2	1,4	2,3	2,3	0,2	.	.	.
3. "	1,3	.	0,0	0,1	1,9	.	2,3	.	.	.
4. "	0,1	0,3	.	0,3	5,1	.	2,0	2,1	.	0,0
5. "	.	0,0	.	8,4	1,9	0,2	0,9	1,3	.	3,5
6. "	.	.	4,3	4,9	0,5	5,4	0,5	.	.	5,5
7. "	0,6	0,8	5,1	2,4	0,3	2,9	0,1	1,3	0,0	0,6

. : kein Niederschlag; 0,0 : Niederschlag unmeßbar gering.
Die Grunddaten wurden den Niederschlagswochenmeldungen in den Wetterkarten des Deutschen Wetterdienstes entnommen.

7. Zusammenfassende Bemerkungen

Mit den vorgestellten Unterrichtsbeispielen wollten wir Anregungen geben, Methoden und Begriffe der Explorativen Datenanalyse bei der Bearbeitung statistischer Probleme bzw. Fragestellungen anzuwenden, auf einen möglichen Wechsel in den Diagrammformen im Sinne sachangemessener Darstellungen hinweisen

und deutlich machen, daß Statistikerunterricht immer fächerübergreifend ist.

Die vorgestellten Beispiele zeigen insbesondere:

- Statistiken können in der Regel nicht nach dem gleichen Schema erstellt und "abgearbeitet" werden. Dies beginnt schon damit, daß man nach einer ersten Durchmusterung der Urliste entscheiden muß, ob die Daten klassiert oder nicht-klassiert ausgewertet werden sollen.

- Die Kennwerte (Lage- und Streuungsmaßzahlen) der Häufigkeitsverteilungen haben in den vier Beispielen durchaus unterschiedlichen Stellenwert. Es treten sowohl Häufigkeitsverteilungen mit zentraler Tendenz als auch solche ohne zentrale Tendenz auf. Die Schüler müssen eingipflige und mehrgipflige Verteilungen ebenso untersuchen wie gleichmäßige Verteilungen. Damit müssen sie bei jedem Beispiel neu entscheiden, welche Kennwerte zu bestimmen sind und wie diese jeweils zu interpretieren sind.

- Die Untersuchungsergebnisse lassen sich jeweils in bestimmten Diagrammen darstellen und mit deren Hilfe besonders gut klimatologisch interpretieren.

- In allen Beispielen bietet sich der Einsatz elementarer Begriffe und Verfahren der Explorativen Datenanalyse geradezu an. Das beginnt bereits damit, daß die zu erstellende Häufigkeitstabelle in der Form eines Stengel-und-Blatt-Diagramms besonders handlich und aussagekräftig ist, zum Teil auch bereits wichtige Hinweise für sinnvolle (d.h. der Sache angemessene) Klassierungen bietet. Gerade in der Klimatologie kommt es auf robuste Kennwerte an. Andererseits müssen bestimmte Werte-Intervalle als "Ausreißer" zu erkennen sein, um z.B. Witterungsanomalien eindeutig bezeichnen zu können.

Wir möchten außerdem darauf hinwirken, daß statistische Begriffe, Methoden und Betrachtungsweisen im Unterricht allgemeinbil-

dender Schulen zum einen behutsam und in ständiger Auseinandersetzung mit der Sache bzw. dem zu untersuchenden Phänomen eingesetzt werden und daß dies zum anderen in lebendiger kreativer Form - keineswegs jedoch rein formal - geschieht.

Ich danke Herrn Dr. M. Borovcnik für die Anregung zum Unterrichtsbeispiel in Abschnitt 3 und für weitere Hinweise.

Literatur

Bauer, F.: Einführung in die Großwetterkunde, Wiesbaden 1948.

Borovcnik, M.: Ein direkter Zugang zur beurteilenden Statistik.
In: Didaktik der Mathematik 13 (1985), 251-271.

Engel, A.: Statistik auf der Schule: Ideen und Beispiele aus neuerer Zeit. In: Der Mathematik-Unterricht 28 (1982), 57-85.

Gnanadesikan, R., Kettinger, J.R., Siegel, A.F., Tukey, P.A.:
Themen aus der Datenanalyse: Begriffe, Methoden, Beispiele und Pädagogik. In: Der Mathematik-Unterricht 28 (1982), 28-56.

Wetterkarte des Deutschen Wetterdienstes: Amtsblatt des Seewetteramtes und der Wetterämter Bremen, Essen, Hannover und Schleswig. Druck und Verlag: Deutscher Wetterdienst, Seewetteramt, 2000 Hamburg 36. (Erscheint fünfmal wöchentlich, nur Postbezug, Preis inklusive Porto DM 13.35, Stand September 1989).