

DIE HISTORISCHEN SPIEGELSCHWANKUNGEN DES KASPISCHEN MEERES
UND PROBLEME IHRER DEUTUNG

Mit 6 Abbildungen (z. T. auf Beilage VI) und 2 Tabellen

ECKART EHLERS

Summary: Changes in the level of the Caspian Sea in historical times and the problems of their explanation

Based on the evaluation of old travel accounts and observations, particularly on the Caucasian coast of the Caspian, changes of level of over 10 metres in size since Medieval times have been claimed by some researchers. Observations in North Iran and the results of geological investigations on the Soviet Caspian coast lead to the following conclusions: 1) the Caspian Sea has not exceeded the 22 metre level in historical times, but has attained it at least three and perhaps even four times. Its lowest level was at -32 metres NN. 2) the causes of the fluctuations in the level of the Caspian Sea are climatic, above all, thermal changes on the surface of the sea. The differing flow yields of the rivers is also subordinate to this basic principle of the Caspian water balance and the appropriately resulting climatic changes. 3) tectonic activity has played only a subordinate role in the evaluation of historical changes in level. Reports of above average sea levels on the Caspian coast form exceptions to the rule. They rise at the expense of the tectonically unstable Apsheron Peninsula, which thus assumes a special position in the context of the over 7 500 km long Caspian coast. Thus the Caspian Sea, in its historical development and the constant change from transgression phases, is revealed as a mirror of the climatic history of the Holocene. The Baku area, considered till now as representative can, as a result of recent tectonic action, be regarded as a special case. The historical changes in level, which have been observed and described in this area can thus not be regarded as characteristic for the entire Caspian Sea.

Das Kaspische Meer, mit heute etwa 360 000 km² der größte Binnensee der Erde, liegt 28 m unter dem Niveau des Weltmeerspiegels. Seit der letzten Kaltzeit ohne Verbindung zum Weltmeer, wird sein Wasserhaushalt im wesentlichen aus dem Widerspiel von Flußwasserzufuhr und Niederschlag einerseits und von der Verdunstung andererseits bestimmt. Auf Grund der von Jahr zu Jahr wechselnden Intensität dieser Faktoren unterliegen die Wasserbilanz und damit der Seespiegel jährlichen und bereits mehrfach untersuchten Veränderungen (vgl. Literaturverzeichnis).

Über die Schwankungen des Kaspi in historischer Zeit sind wir durch zwei verschiedene und in ihrer Exaktheit stark voneinander abweichende Quellen unterrichtet:

– durch die seit 1830 in Baku durchgeführten Pegelmessungen; und

– für die Zeit vor 1830 durch Messungen und Beobachtungen kaspischer Seespiegelschwankungen durch Forscher und Reisende.

Das Bild der Niveauveränderungen des Kaspischen Meeres zwischen 1830 und 1966 zeigt zwei große Abschnitte: einmal den bis etwa 1930 währenden Zeitraum, in dem das Niveau des Kaspi im großen und ganzen unverändert erhalten bleibt. Lediglich periodisch erscheinende Schwankungen mit einer geringfügig sinkenden Tendenz des Seespiegels sind nachweisbar. Dabei wird deutlich, daß diese periodischen Spiegeländerungen immer wieder auf ein Ausgangsniveau von etwa -24/-25 m NN (Pegel Baku: -28,8 m NN) zurückkehren (Abb. 1, Beil. VI).

Der zweite Abschnitt beginnt um 1930 und ist durch einen plötzlichen Abfall des Seespiegels um etwa 2 m gekennzeichnet, d. h. auf eine Höhe von -26 m NN. Hier verharrte der Seespiegel für etwa 10 Jahre, um dann erneut bis zur Gegenwart hin mit geringerer Intensität zurückzuweichen.

Im Gegensatz zu diesen nach Maß und Zahl genau faßbaren Niveauveränderungen der letzten 140 Jahre stößt die Rekonstruktion der älteren Kaspigeschichte auf Schwierigkeiten, die sich aus unterschiedlichen und nicht oder nur schwer vergleichbaren Angaben und Beobachtungen ergeben (vgl. dazu z. B. BRÜCKNER 1890). Eindeutig rekonstruierbar sind lediglich die Verhältnisse für die Zeit um 1800, die einen im Vergleich zu heute etwa 6 m höheren Stand des Kaspischen Meeres bezeugen. Dieser Hochstand ist durch die Auswertung alter Reisebeschreibungen und historischer Karten hinreichend abgesichert. An der persischen Kaspiküste wird er darüber hinaus durch die kaspisch-limnische Überformung von Ziegelsteinen am Gumüş Tappeh sowie durch die Überflutung eines turkmenischen Friedhofes aus dem 18. Jh. und dem starken Muschelbesatz seiner Grabdenkmäler belegt (vgl. dazu die Beschreibungen von MURAVIEFF 1824). Den beschriebenen Spiegelständen des Kaspischen Meeres und ihren längerwährenden Regressionsphasen seit 1800 entsprechen allenthalben nachweisbare Ansätze zu „Terrassenbildungen“ im Strandwallbereich der Uferzonen. Sie sind nicht nur als deutlich markierte Absätze im -22 m, -24 m und -26 m-Niveau am erwähnten Gumüş Tappeh ausgebildet (vgl. Abb. 2, Beil. VI), sondern finden sich an der Südküste des Kaspi über eine E-W-Erstreckung von etwa 500 km als entsprechende Stufungen der sandigen Strandwälle (vgl. EHLERS 1971).

Die Auffassungen über die Höhe kaspischer Spiegelstände, über ihre zeitliche Dauer und über den Wechsel von Trans- und Regressionsphasen für die Zeit vor 1800 gehen weit auseinander. BRÜCKNER, WOSNESENKY wie auch andere Autoren kommen auf Hochstände von 11 oder 12 m über dem heutigen Niveau im frühen 14. Jahrhundert. WOSNESENKY fügt diesem spätmittelalterlichen einen zweiten, etwa 8,5 m über Baku-Pegel gelegenen Hochstand für das Jahr 1742 hinzu.

Im Gegensatz zu diesen hohen Schwankungsbeträgen gibt es jedoch überzeugende Geländebeobachtungen, die diesen auf Grund der Auswertung alter Reisebeschreibungen ermittelten Hochständen widersprechen. Nirgends nämlich lassen sich morphologische Hinweise – etwa in Form junger, guterhaltener Brandungsplattformen oder Terrassen – auf derart hohe Spiegelstände in historischer Zeit finden. Da solche Zeugnisse als Ergebnis nur kurzfristiger Spiegelanstiege jedoch nicht unbedingt zu erwarten sind, kommt dem zweiten Gegenbeweis größere Bedeutung zu: der Verbreitung des neokaspischen Leitfossils *Cardium edule*, der Herzmuschel. Diese seit dem Mangyshlak-Tiefstand im Kaspischen Meer heimische Molluske besitzt – mit offensichtlicher Ausnahme des Gebietes von Baku – nirgendwo eine landwärtige Verbreitung über die –22 m-Isohypse hinaus. Schließlich finden sich auch nirgends in der arabischen und später auch in der europäischen geographischen Literatur (seit 1600 etwa) Hinweise darauf, daß dieses an der Südküste des Kaspi durch Strandwälle entsprechender Höhe markierte –22 m-Niveau jemals überflutet worden sei. Ein solches Ereignis nämlich hätte nicht nur den die gesamte Südküste begleitenden Strandwallbereich zerstören, sondern vor allem zu einer katastrophalen Verwüstung des hinter den Strandwällen verborgenen Sietlandes mit seinen Siedlungen und Kulturflächen führen müssen. Dafür aber gibt es keine Beweise. In diesen Befunden möchte ich die sichersten Indizien dafür sehen, daß *der Spiegel des Kaspischen Meeres in historischer Zeit das –22 m-Niveau niemals überschritt.*

Somit beschränkt sich die Frage nach der Entwicklung des Kaspi vor 1800 auf die Untersuchung der Pegelschwankungen unterhalb des –22 m-Niveaus. Nach BERG ist der Seespiegel während des gesamten Mittelalters und der frühen Neuzeit niemals über –24 m NN angestiegen. Dieser Wert scheint indes sehr niedrig angesetzt. Auf Grund meiner Beobachtungen muß das Kaspische Meer auch schon vor 1800 das –22 m-Niveau mindestens einmal, wahrscheinlich aber mehrmals erreicht haben. Hierfür sprechen vor allem die außerordentliche Breite und formale Gestaltung des 6 m-Strandwallniveaus an der Südküste, die sich in der meist dreifachen Abfolge deutlich gegeneinander abgesetzter Strandwälle gleicher Höhe ausdrückt. Das –22 m-Niveau ist zudem außerordentlich breit ausgedehnt im Vergleich zu den unteren (und jüngeren) Niveaus.

Hinweise auf ältere Spiegelstände in etwa –22 m NN finden sich zahlreich. So gelangt BRÜCKNER für das Jahr 1638 zu einem Pegelstand von etwa 6 m über dem heutigen, und WOSNESENKY hält für die gleiche Zeit sogar einen solchen von etwa 8 m über dem heutigen Niveau für wahrscheinlich. Wenn man bedenkt, daß auch BERG auf der Grundlage anderer und von verschiedenen Küstenabschnitten beschriebenen Quellen seinen –24 m NN-Pegelstand in dieser Zeit ansetzt, so ist für die Mitte des 17. Jh. an der Existenz einer weiteren Transgressionsphase nicht zu zweifeln. Ihr Maximalstand dürfte ebenfalls bei etwa –22 m NN gelegen haben.

Den gesicherten Nachweis eines dritten Spiegelstandes in etwa –22 m NN verdanken wir russischen Untersuchungen an der Westküste des Kaspischen Meeres. Diese Transgressionsphase ist auf Grund von C14-Daten und von archäologischen Beobachtungen in der Mitte des 1. vorchristlichen Jahrtausends anzusetzen (FEDOROV-SKIBA 1960). Russische Geologen sehen in dieser von ihnen als „Neukaspisches Stadium“ bezeichneten Überflutung die erste der großen neokaspischen Transgressionen.

Insgesamt ist somit von der Existenz dreier großer Transgressionsphasen in historischer Zeit auszugehen, wobei die Scheitelpunkte aller drei Phasen in etwa –22 m NN gelegen haben dürften. Die beiden ersten Hochstände werden von der ungefähr 1000 Jahre währenden Darband-Regression (LEONTYEV-FEDOROV 1953) unterbrochen. Sie führte zu einer Absenkung des Seespiegels auf ein Niveau von etwa –31/–32 m NN. Die Regression wird im Bereich der Apsheron-Halbinsel etwa durch die Entdeckung skythischer Gräber auf dem heutigen Meeresgrund wie auch durch die mittelalterliche Anlage der Karavanserei von Baku unterhalb der heutigen Wasserlinie belegt. Damit ergibt sich zusammenfassend etwa der in Abb. 3 dargestellte Verlauf der historischen Seespiegelschwankungen des Kaspischen Meeres (Beil. VI).

Im Gegensatz zu dieser, aus historischen Zeugnissen und geologisch-geomorphologischen Befunden rekonstruierbaren Entwicklungsgeschichte des Kaspischen Meeres in den letzten 2000 Jahren ist die Frage nach den Ursachen dieser Spiegelschwankungen wesentlich schwerer zu beantworten. Es gibt vor allem drei Möglichkeiten, die bei einer diesbezüglichen Betrachtung zu berücksichtigen sind:

- klimatische Veränderungen (thermisch, hygisch);
- Änderungen im Abflußverhalten der Flüsse; und
- Rolle der Tektonik.

Die ursächliche Klärung der historischen Spiegelschwankungen verlangt also zunächst eine Betrachtung der Temperatur- und Niederschlagsschwankungen und ihrer Auswirkungen auf das Abflußverhalten der Flüsse sowie auf den Wasserhaushalt des Kaspi. Die für die Wasserbilanzrechnung des Kaspischen Meeres

Tabelle 1: Wasserhaushalt des Kaspi 1946–1961 (nach ULANOV 1964)

Zuflußelemente	Mächtigkeit mm	Volumen km ³	Verlustelemente	Mächtigkeit mm	Volumen km ³
X	171	63.3	Z	927	343.0
Y ₁	804	297.6	W ₂	86	31.9
W ₁	47	17.3	Y ₂	30	11.1
	1 022	378.2		1 043	386.0
			Spiegeländerung:	-21	-7.8
			Gesamt:	1 022	378.2

von russischen Hydrogeologen verwendete Formel lautet:

$$h = X + Y_1 + W_1 - W_2 - Z - Y_2$$

Es bedeuten: h = Veränderung des Seespiegels (in mm); X = Niederschlag auf die Seefläche (mm); Y₁ = Flußwasserzufuhr (mm); W₁ = unterirdischer Zufluß (mm); W₂ = Versickerung von Seewasser im Uferbereich (mm); Z = Verdunstung über der Seefläche (mm); Y₂ = Abfluß in die Kara Bugas-Bucht (mm).

Unter Zugrundelegung dieser Faktoren kommt ULANOV (1964) für den Zeitraum 1946–1961 zu folgender jährlicher Durchschnittswasserbilanz für das Kaspische Meer (Tab. 1):

Unter diesen Faktoren der Wasserbilanzrechnung sind naturgemäß vor allem W₁ und W₂ schwer oder gar nicht faßbar, so daß diese entweder vernachlässigt werden müssen oder aber durch konstante Werte ausgedrückt werden. Damit sind die Klimaelemente Temperatur und Niederschlag die entscheidenden und auch am ehesten faßbaren Faktoren bei dem Bemühen, die Ursachen der Spiegelschwankungen zu ermitteln.

Einen geeigneten Zeitabschnitt für die Untersuchung der Abhängigkeit zwischen Temperatur- und Niederschlagsgang und den Spiegelschwankungen des Kaspischen Meeres stellen die dreißiger Jahre unseres Jahrhunderts dar. Sie sind zum einen durch die erwähnte kräftige Absenkung des Seespiegels gekennzeichnet, zum anderen aber durch umfangreiches meteorologisches und hydrologisches Beobachtungsmaterial relativ gut analysierbar.

Wenden wir uns zunächst der Analyse der hygrischen Verhältnisse in dem Zeitraum 1923–1943 zu, indem wir die jährlichen Niederschläge in 5jährig übergreifenden Mittelwerten für sechs Stationen im Einzugsbereich des Kaspischen Meeres betrachten (Abb. 4a). Diese Stationen repräsentieren

- die Küste des Kaspischen Meeres (Astrachan, Krasnowodsk);
- das Kaspische Meer selbst;
- den Wolga-Einzugsbereich (Moskau, Perm, Kasan).

Der Verlauf der Kurven zeigt eine annähernde Konvergenz zwischen den Niederschlagswerten in den

verschiedenen Teilräumen des Kaspi-Einzugsbereiches und dem Abflußverhalten der Flüsse. Während eine Übereinstimmung von Niederschlag und Abflußspende der Flüsse (Zufluß) somit offensichtlich ist, zeigt der Vergleich der Abflußkurve und der Seespiegelschwankungen auffallende Divergenzen. Diese Divergenzen werden besonders augenscheinlich zu *Beginn und am Ende der dreißiger Jahre*, wo bei sinkenden Abflußspenden der großen Ströme der Seespiegel permanent *steigende* Tendenz aufweist, während von 1937/38 ab genau die umgekehrte Entwicklung zu beobachten ist. Wir müssen daraus die Folgerung ziehen, daß unmittelbare Abhängigkeiten zwischen Niederschlag/Abflußspende einerseits und Seespiegelschwankungen andererseits nicht bestehen.

Betrachtet man demgegenüber die nach gleicher Methode gewonnen Mittelwerte der langjährigen Temperaturverhältnisse (differenziert nach Jahres- und Julimittelwerten) für die Küstenstationen Astrachan und Krasnowodsk sowie den für andere Stationen im Wolga-Einzugsbereich repräsentativen Standort Moskau (Abb. 4b), dann ergibt sich im Vergleich mit der Seespiegelkurve folgendes Bild: Sowohl am Ende der 20er Jahre als auch 10 Jahre später zeigt sich eine vollkommene Parallelität von Temperaturabsenkung und Seespiegelanstieg bzw. Temperaturanstieg und Kaspi-Absenkung, wobei die Jahresmittelwerte stärker als die durchschnittlichen Julimitte diese Konvergenz deutlich machen.

In die gleiche Richtung, nämlich die Dominanz thermischer gegenüber den hygrischen Gegebenheiten bei der Steuerung der kaspischen Seespiegelschwankungen, deuten schließlich auch die Umstände der von SCHOKALSKY (1914) beschriebenen plötzlichen Spiegelsenkung des Kaspi im Jahre 1910 um 44 cm. Während SCHOKALSKY diesen plötzlichen Abfall des Seespiegels allein mit geringeren Niederschlägen und entsprechend reduzierter Abflußspende der Wolga erklären möchte, ergibt die Analyse der Temperatur- und Niederschlagsverhältnisse dieser Zeit ein anderes Bild (Tab 2).

Dabei wird deutlich, daß die Niederschläge zumindest im Einzugsbereich des Kaspi im Jahre 1910 höher als in den vorausgehenden und folgenden Jahren waren. Wenn die Abflußspende der Flüsse dennoch aber

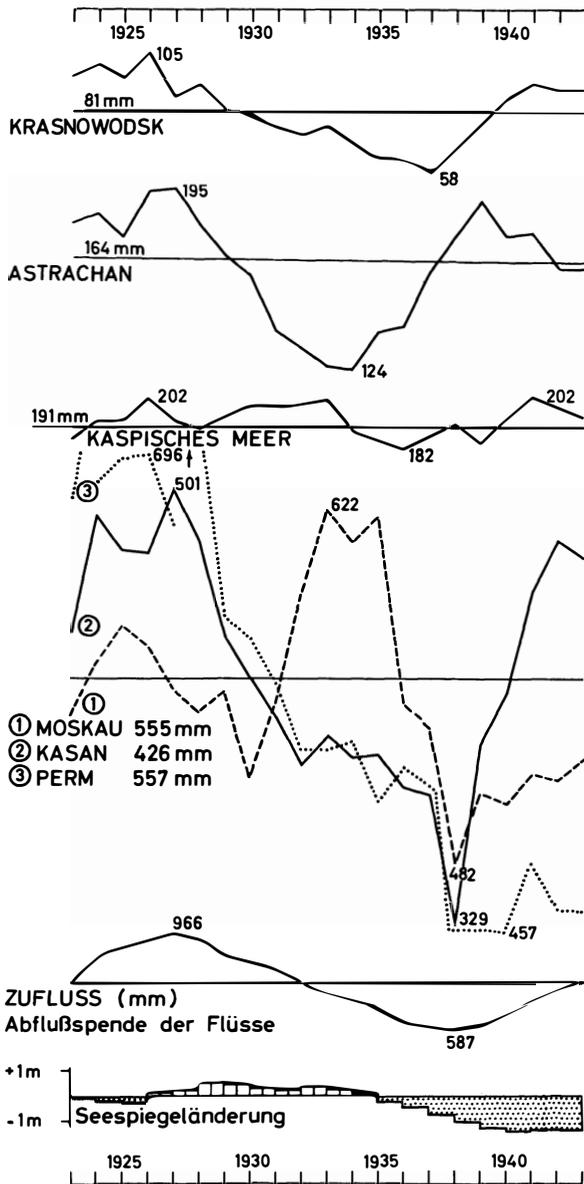


Abb. 4a: Niederschlagsgang in fünfjährig übergreifenden Jahresmitteln für sechs Stationen im Einzugsbereich des Kaspischen Meeres (nach 'World Weather Records'), Abflußspende der Flüsse und Spiegeländerungen des Kaspischen Meeres, 1923 bis 1943. Precipitation in five-year overlapping means for six stations in the catchment area of the Caspian Sea (after 'World Weather Records'), flow yields of the rivers and changes in the level of the Caspian Sea, 1923-1943.

überraschend gering und die freie Verdunstung auf der Seefläche entsprechend hoch ist, so können dafür nur verstärkte Evapotranspiration bzw. Evaporation in Frage kommen. In der Tat zeigen die Juli- und Jah-

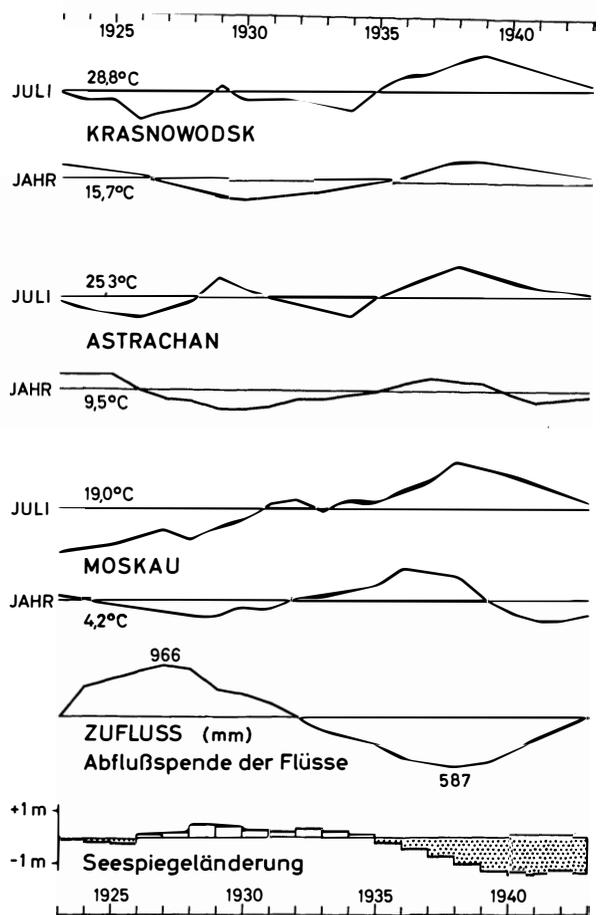


Abb. 4b: Jahres- und Julimiteltemperaturen in fünfjährig übergreifenden Mittelwerten für drei Stationen im Einzugsbereich des Kaspischen Meeres (nach 'World Weather Records'), Abflußspende der Flüsse und Spiegeländerungen des Kaspischen Meeres, 1923-1943. Annual and July mean temperatures in five-year overlapping means for 3 stations in the catchment area of the Caspian Sea (after 'World Weather Records'), flow yields of the rivers and changes in the level of the Caspian Sea, 1923-1943.

resmittelwerte 1910 höhere Werte als sonst. Umgekehrt weisen die Jahre 1908 und 1911 mit ihrem niedrigeren Temperaturen trotz normaler (1908) oder gar niedriger (1911) Niederschläge geringfügige Anstiege des kaspischen Seespiegels auf.

Aus diesen Beobachtungen müssen wir mehrere Schlußfolgerungen ziehen:

- a) Ausgangspunkt für Veränderungen des Kaspispiegels sind Verschiebungen im Temperaturhaushalt über der Seefläche und damit eine Veränderung der Verdunstungsverhältnisse. Diese thermisch initiierten Niveauveränderungen erfahren durch einen gleichzeitigen Rückgang der Nieder-

Tabelle 2: Temperatur und Niederschlag im Einzugsbereich des Kaspi im Vergleich zu dessen Wasserhaushalt 1908–1913

	Summenmittel von sechs Stationen im Einzugsbereich des Kaspischen Meeres*			Wasserhaushalt des Kaspischen Meeres (nach REMIZOVA)			Wasserhaushaltsbilanz (mm)	
	T (Juli)	T (Jahr)	N (Jahr)	N/Meeresfläche	Summe Fl. Wasser	Verdunstung Meeresfläche Kara Bugas		
1908	19,7	4,2	463	216	810	865	66	100
1909	20,5	6,1	451	170	781	900	66	- 10
1910	22,1	6,3	490	142	553	1 092	48	-440
1911	21,8	5,0	391	237	690	851	41	40
1912	18,5	5,5	478	185	781	987	44	- 60
1913	20,4	6,3	499	218	795	1 017	41	- 40

* Mittelwerte der Stationen Astrachan, Kasan, Moskau, Nikolaewskoe, Perm, Tiflis (nach WORLD WEATHER RECORDS 1908–1913).

schläge und eine entsprechende Reduzierung der Abflüsse eine Verstärkung. Im übrigen trägt neben einem absoluten Niederschlagsrückgang auch temperaturbedingt erhöhte Verdunstung zu dieser verminderten Abflußspende bei.

- b) In der Mitte der 30er Jahre, die trotz Stagnation bzw. Zunahme der Flußwasserzufuhr durch verstärkte Absenkung des Seespiegels gekennzeichnet sind, beherrscht offensichtlich das thermische Moment den Wasserhaushalt des Kaspi, indem eine verstärkte Verdunstung die weitere Erniedrigung des Seespiegels beschleunigt.
- c) Die Niederschlagsverhältnisse auf dem Kaspischen Meer sind demgegenüber von nur untergeordneter Bedeutung für die Schwankungen des Seespiegels, d. h.: der Wasserhaushalt wird in erster Linie von der freien Verdunstung auf der Seefläche sowie von den klimatischen Veränderungen im europäischen Einzugsbereich des Kaspi, d. h. insbesondere der Wolga bestimmt.

An der klimatischen Steuerung der kaspischen Seespiegelschwankungen ist somit nicht zu zweifeln.

Auch Abb. 5, (Beil. VI), die die Veränderungen des kaspischen Seespiegels zwischen 1847 und 1965 nach REMIZOVA zusammenfaßt, macht die genannten Abhängigkeiten zwischen Klima- und Kaspigeschichte offenbar. Auffällig ist dabei vor allem, daß Jahre positiver Wasserhaushaltsbilanzen des Kaspischen Meeres mit solchen herabgesetzter Temperaturen und damit auch herabgesetzter Evaporation zusammenfallen. Es kann dann – bei normalen Niederschlägen und Abflußspenden der Flüsse – zu überdurchschnittlichen Anstiegen des Seespiegels kommen (vgl. die Jahre 1867, 1886, 1895/6, 1929 u. a.). Umgekehrt führten eine Reihe ausgesprochen warmer Jahre, wie z. B. die erwähnten dreißiger Jahre unseres Jahrhunderts, oder die Jahre um 1910 (vgl. SCHOKALSKY 1914) selbst bei normalen Niederschlagsmitteln zu einer reduzierten Abflußspende der Flüsse und somit zu verstärkter Absenkung

des Seespiegels. – In alledem scheint sich eine verstärkte Wirksamkeit thermischer Gegebenheiten gegenüber hygrischen Faktoren auszudrücken, eine Tatsache, auf die bereits BUTZER (1958) S. 136) mit Nachdruck hingewiesen hat. Den gleichen Standpunkt vertritt zudem auch HAUDE (1969) auf Grund seiner Analyse der Spiegelschwankungen des Toten Meeres.

Angesichts dieser offensichtlichen Abhängigkeit der jüngsten Kaspi-Geschichte von oft nur geringfügigen Klimaoszillationen stellt sich die Frage nach den Ursachen der älteren historischen Seespiegelschwankungen. Sowohl für den Hochstand in der Mitte des 17. Jh. als auch für die gesicherte Transgression des Kaspi an der Wende vom 18. zum 19. Jh. ergeben sich befriedigende Übereinstimmungen mit der aus Mitteleuropa bekannten Klimageschichte. Rezente bis subrezente Gletscherstände nicht nur in den Alpen, sondern auch in den Hochgebirgen Vorderasiens, Afghanistans, des Kaukasus und Zentralasiens beweisen kühlere Abwandlungen des Klimas, von den Engländern oftmals als Little Ice Age bezeichnet (vgl. RUDLOFF 1967). Aus diesen in Eurasien nachweisbaren Temperaturerniedrigungen resultieren herabgesetzte Verdunstung und erhöhte Humidität, die als Ursache für die erwähnten Anstiege des Kaspi auf –22 m NN gelten müssen.

Auch das vorausgehende Darband-Regressionstadium ist unschwer mit Klimaoszillationen in Einklang zu bringen. Die Absenkung des kaspischen Seespiegels auf ein Niveau von etwa –32 m NN, d. h. 4 m unter dem heutigen Seespiegel, im 1. nachchristlichen Jahrtausend muß nach dem bisher Gesagten auf eine Klimaverbesserung hindeuten. Diese drückt sich auch an den Küsten des Schwarzen Meeres in der von den Russen so genannten nymphenischen Transgression mit einem Anstieg von 1–1,5 m über das heutige NN aus. Sie dürfte möglicherweise mit den weltweiten Abrolhos- oder Rottnest-Transgressionen in Verbindung zu bringen sein. Eine Parallelisierung des Darband-Stadiums mit dem Subatlantikum und dessen zweiter, trocken-warmer Hälfte ist daher wahrscheinlich.

Die Korrelierbarkeit von Klima- und Kaspigeschichte findet ihre beste Bestätigung während des holozänen Klimaoptimums, dem Atlantikum, in welchem sich der Kaspi zu seinem Tiefstand während der Nacheiszeit auf -50 m NN absenkte. Dieser als Mangyshlak-Stadium bezeichnete neukaspische Tiefstand findet in der gleichzeitigen Transgression des Weltmeeres zu seinem postpleistozänen Hochstand im Tapes- oder Nizza-Niveau ($4-5$ m NN) sein Pendant.

Insgesamt findet das schon an den rezenten Seespiegelschwankungen erkannte Grundprinzip der kaspischen Entwicklungsgeschichte – Transgressionen als Folge kühler, Regressionen als Ergebnis warmer Klimaoszillationen – in der langfristigen Betrachtung seine volle Bestätigung. Und deutlicher als dies bei der kurzfristigen Analyse der jüngsten kaspischen Seespiegelschwankungen möglich ist, tritt nunmehr auch die offensichtliche Dominanz thermischer Faktoren gegenüber hygrischen zutage.

So bleibt nur noch die Frage nach dem eingangs erwähnten Kaspistand an der Wende vom 13. zum 14. Jh. Hier divergieren, wie angedeutet, die Auffassungen weit: Während BRÜCKNER, WOSNESENSKY u. a. einen 12 bis 13 m höheren Kaspistand als heute vermuten, BERG dagegen nur einen etwa 1 m höheren Pegel annimmt, zählen FEDOROV-SKIBA diese Zeit noch zum ausgehenden Darband-Stadium, in dem der Seespiegel das heutige Niveau noch nicht erreicht hatte. Ganz junge Untersuchungen (GUMILEV 1964, 1968) sprechen auf Grund archäologischer Grabungen im Wolgadelta sowie an der Kaukasusküste bei Darband von einem Hochstand von etwa $8-9$ m über dem heutigen, d. h. ca. -20 bis -19 m NN. Der Apsheron-Halbinsel vorgelagert finden sich zudem auch die höchstgelegenen Vorkommen von *Cardium edule*, die auf dem Eiland Artjema in 12 bis 13 m Höhe über dem gegenwärtigen Kaspispegel zu finden sind. Indem nachdrücklich auf die Fundorte, nämlich Wolgadelta und vor allem kaukasische Kaspiküste, verwiesen wird, stellt sich die Frage nach den Ursachen für die Sonderstellung dieser Gebiete. Sie führt uns zur Betrachtung der Rolle der Tektonik.

Seit 1912 auf der Apsheron-Halbinsel durchgeführte Feinmessungen haben ergeben, daß die Halbinsel regional und zeitlich differenzierter Absenkung und Hebung unterliegt (Abb. 6). Ohne Angabe der Bezugsbasis ergibt sich für den Raum Baku eine rezente Subsidenz von jährlich $3-13$ mm, die aber durch eine entsprechende vertikale Hebung des Kaukasus-Vorlandes ausgeglichen wird (vgl. dazu besonders LILYENBERG-MESHCHERSKY 1968). Diese Vertikal-Bewegungen sind jedoch nur lokaler Natur, wie sich aus dem Vergleich mit anderen Küstenabschnitten ergibt. Sie treten zudem periodisch auf, wobei Zeitabschnitte kräftiger Spiegeländerungen durch verringerte Absenkungsbeträge, solche eines stabilen (hohen oder niedrigen) Seespiegels durch ein verstärktes Untertauchen gekennzeichnet sind. Diese Subsidenzbewegungen un-

terschiedlicher Intensität werden im gleichen Gebiet kompensiert durch rezenten Schlammvulkanismus. Sowohl der küstennahe Bereich und die tieferen Regionen des Kaspi im Raum Baku wie auch die Apsheron-Halbinsel selbst sind klassische Gebiete dieser auch als Salsen bezeichneten Form (SOLOVYEV-MAYEN-YUNOV 1961). Während die isostatisch gedeuteten Absenkungen im Raum Baku auf über 40 cm innerhalb der letzten fünf Dezennien gemessen, örtlich aber durch Erdölexplorationen bedingte Niveauperänderungen von über 3 m nachgewiesen wurden, ist über die relativen Hebungsbeträge im Umkreis des rezenten Schlammvulkanismus nichts Genaueres bekannt. Gesichert jedoch ist, daß die Landhebung im Bereich aktiver Schlammvulkane beträchtlich sein kann und vor allem an die subaquatischen Antiklinalstrukturen im Kaspischen Meer bei Baku gebunden ist.

Damit ergeben sich aus diesen Tatsachen Schlußfolgerungen für das hier zu behandelnde Thema. Deren wichtigste scheint mir die zu sein, daß die an der Kaukasusküste gewonnenen Beobachtungen aufgrund der geologischen Sonderstellung dieses Küstenabschnitts nicht für die gesamte Kaspiküste repräsentativ sind. Daraus folgt einmal, daß die für das frühe 14. Jh. in Baku und Darband beobachteten Höchststände tektonisch bedingte Akzentuierungen einer klimatisch ausgelösten Transgression sein können. Daß die Schlußphase der Darband-Regression in eine kräftige Transgression übergeleitet hat, läßt sich mit der allgemeinen Klimasituation des ausgehenden Mittelalters in befriedigender Weise in Einklang bringen. Es folgt daraus aber auch zum anderen, daß die seit 1830 in Baku durchgeführten Pegelmessungen einer bisher unterbliebenen Revision bedürfen, etwa durch den Vergleich der jährlichen Niveauperänderungen mit Pegelmessungen an anderen Abschnitten der Kaspiküste.

Zusammenfassend lassen sich drei Schlußfolgerungen ziehen:

1. Das Kaspische Meer hat in historischer Zeit das -22 m-NN-Niveau nicht überschritten, es aber mindestens drei-, möglicherweise sogar viermal erreicht. Seinen Tiefstand hatte es bei -32 NN.
2. Tektonik spielt für die Beurteilung der historischen Spiegelschwankungen eine nur untergeordnete Rolle. Berichte von Funden und Beobachtungen höherer Spiegelstände an der Kaspischen Westküste stellen Sonderfälle dar. Sie gehen auf Kosten des tektonisch labilen Gebietes der Apsheron-Halbinsel, dem somit im Rahmen der über 7500 km langen Kaspiküste eine Sonderstellung zukommt.
3. Ursache der kaspischen Seespiegelschwankungen sind klimatische, d. h. vor allem thermische Veränderungen im Einzugsgebiet des Kaspi und auf der Seefläche. Auch die unterschiedliche Abflußspende der Flüsse ist diesem Grundprinzip des kaspischen Wasserhaushalts unterworfen und eine Resultante entsprechender Klimaänderungen.

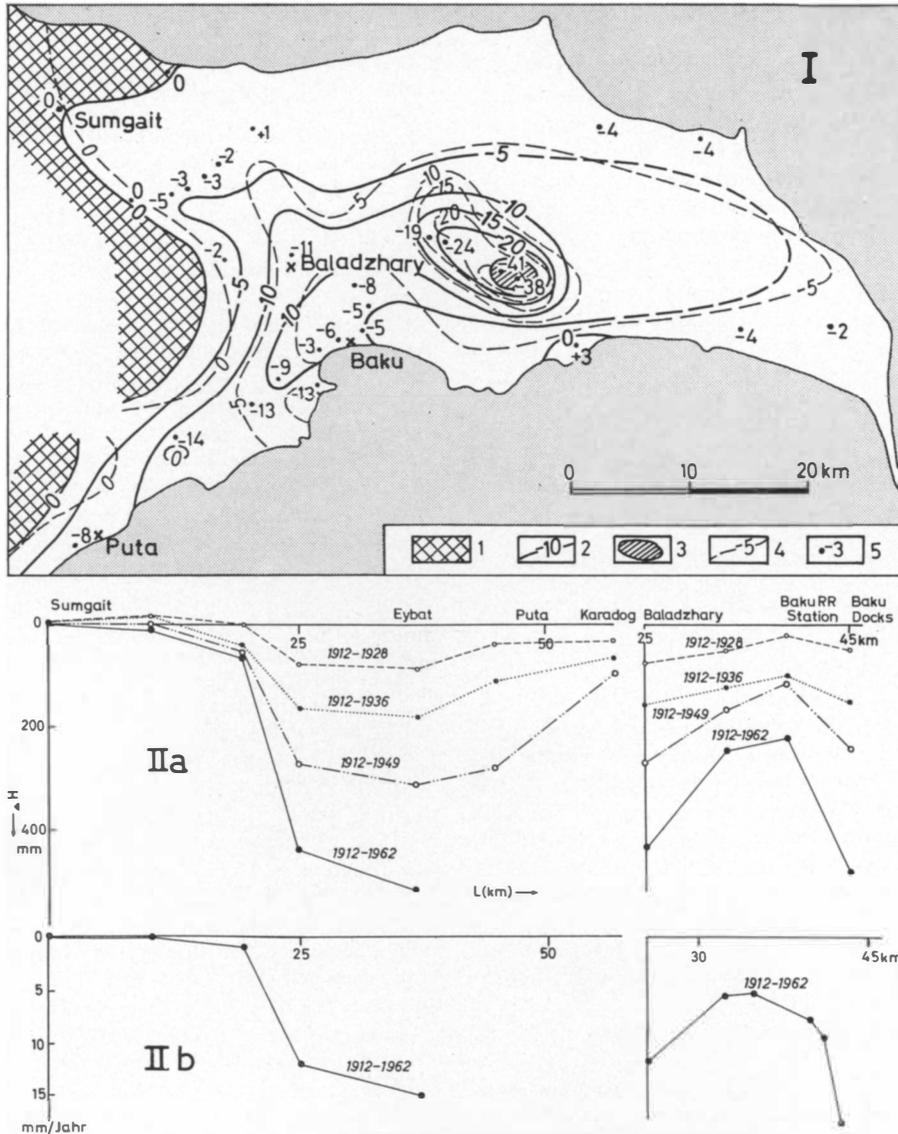


Abb. 6: I Rezenten Krustenbewegung auf der Apsheron-Halbinsel (1912-1962) nach LILIJENBERG-MESHCHERSKY 1968. 1 Gebiete junger Hebung; 2 Isokatabasen 1928-1955 (1962); 3 Gebiete maximaler Landsenkung; 4 Isokatabasen 1912-1928; 5 ausgewählte Punkte junger Krustenbewegungen 1928-1955 (1962).
 II Vertikalbewegungen 1912-1962 (a) und jährliche Absenkungsbeträge (b) auf der Apsheron-Halbinsel (in mm) nach LILIJENBERG-MESHCHERSKY 1968.
 I recent crustal movement on the Apsheron Peninsula (1912-1962) after LILIJENBERG-MESHCHERSKY 1968. 1. area of recent uplift 2. isokatabases 1928-1955 (1962) 3. areas of maximum land sinking 4. isokatabases 1912-1928 5. selected points of recent crustal movements 1928-1955 (1962).
 II vertical movements 1912-1962 (a) and annual amounts of sinking (b) on the Apsheron Peninsula (in mm) after LILIJENBERG-MESHCHERSKY 1968.

Damit erweist sich das Kaspische Meer in seiner historischen Entwicklungsgeschichte und dem steten Wechsel von Trans- und Regressionsphasen als ein Spiegelbild der allgemeinen Klimageschichte des späten Holozäns. Es weist in seinen langwährenden und von großräumig wirksamen Klimaänderungen abhän-

gigen Seespiegelschwankungen genau die entgegengesetzte Tendenz wie das benachbarte Schwarze Meer auf. Während der Kaspis auf wärmere Klimaänderungen mit fallendem Seespiegel reagiert, reagieren das Schwarze Meer wie auch das Weltmeer allgemein mit Transgressionen; bei kälteren Klimaphasen ergibt sich

genau das gegenteilige Bild (vgl. FEDOROV-SKIBA 1960).

Seit 1940 etwa ist der Wasserhaushalt des Kaspischen Meeres durch den Einfluß des Menschen so umgewandelt, daß heute die natürlichen Faktoren immer mehr hinter den menschlichen Eingriffen zurücktreten. Ausgelöst durch große Dammbauten und Rückhaltebecken an Wolga, Kama und anderen Zuflüssen, durch Kanalbauten und vor allem Bewässerungsvorhaben im Transwolgaland, in Kasachstan sowie in den Talauen von Wolga und Achtuba werden heute beträchtliche Wassermengen der traditionellen Zuflüsse dem Kaspi vorenthalten (vgl. TASKIN 1954, WENDROW-GELLER 1966). Die eventuelle Durchführung ingenieurtechnischer Großprojekte wie z. B. das geplante Petschora-Projekt (vgl. SCHLENGER 1963) oder gar die Verbindung von Kaspischem und Schwarzem Meer durch einen Großkanal werden das bisherige Wasserhaushaltsregime des Kaspi vollends außer Funktion setzen.

Literatur

- APOLLOV, B. A. – SAMOILOV, I. V.: Studies on the Levels of the Caspian Sea. *Voprosi Geografii*, 1, Moskva 1946, S. 157–172 (Russ.).
- BARTHOLD, W.: Nachrichten über den Aral-See und den unteren Lauf des Amu-darja. Quellen und Forschungen zur Erd- und Kulturkunde Bd. II, Leipzig 1910.
- BERG, L. S.: Der Wasserstand des Kaspischen Meeres in historischer Zeit. *Probleme der Phys. Geographie* 1, 1934, S. 11–64. (Russ. mit frz. Zusammenfassung.)
- BRÜCKNER, E.: Klimaschwankungen seit 1700. *Pencks geogr. Abhandlungen* IV, 2, Wien 1890.
- BUTZER, K. W.: Russian Climate and the Hydrological Budget of the Caspian Sea. *Revue Canadienne de Géographie* 12, 1958, S. 129–139.
- DE GOEJE, M. J.: Das Alte Bett des Oxus Amu-Darja. Leiden 1875.
- EHLERS, E.: Südkaspisches Tiefland und Kaspisches Meer. Beiträge zu ihrer Entwicklungsgeschichte im Jung- und Postpleistozän. *Tübinger Geographische Studien* Heft 44, 1971.
- FEDOROV, P. V. – D. A. SKIBA: Die Seespiegelschwankungen des Schwarzen und des Kaspischen Meeres im Holozän. *Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. geogr.* 1960, Nr. 4, S. 24–34 (Russ.).
- GRAHMANN, R.: Die Entwicklungsgeschichte des Kaspischen und des Schwarzen Meeres. *Mitt. Ges. f. Erdk. zu Leipzig* 1934–1936, 54. Bd., Leipzig 1937, S. 26–47.
- GUMILEV, L. N.: Khazaria and the Caspian. *Soviet Geography*, Juni 1964, S. 54–68.
- : Heterochronism in the Moisture Supply of Eurasia in the Middle Ages. *Soviet Geography* 1968, S. 23–35.
- GYUL, K. K. – FURMAN, T. J.: Development of Research on the Caspian Sea. *Soviet Hydrology, Selected Papers*, 1967, S. 203–208.
- HAUDE, W.: Erfordern die Hochstände des Toten Meeres die Annahme von Pluvialzeiten während des Pleistozäns? *Metcorol. Rundschau* 22, 1969, S. 29–40.
- KAMINSKY, A. A.: Zur Frage über den Einfluß des Niederschlags auf die Niveauschwankungen des Kaspischen Meeres. *Nachrichten des Zentralbüros f. Hydrometeorologie URSS* 6, 1926, S. 221–246 (Russ. mit dt. Zusammenfassung).
- : Über die Ursachen der Niveauschwankungen des Kaspischen Meeres. *Nachrichten des Zentralbüros f. Hydrometeorologie URSS* 8, 1929, S. 177–194 (Russ. mit dt. Zusammenfassung).
- KÖPPEN, W.: Schwankungen des Kaspischen Meeres. *Ann. Hydrogr. u. marit. Met.* 46, 1936, S. 47–49.
- LEONTYEV, O. K. – P. V. FEDOROV: Zur Geschichte des Kaspi im Spät- und Postglazial. *Nachr. Akad. Wiss. USSR, Geogr. Serie* 1953, Heft 4, S. 64–74 (Russ.).
- LILIJENBERG, D. A. – J. N. MESHCHERSKY: More Information on Recent Crustal Movements on the Apsheron Peninsula. *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 179, Nr. 5, 1968, S. 1182–1185 (Amerik. Ausgabe: S. 83–86).
- MURAVIEFF, N. v.: Reise durch Turkomanien nach Chiwa in den Jahren 1819 und 1820. 2 Bde., Berlin 1824.
- PODROVALSKOGO, A. G. – A. I. KOSAREVA – O. K. LEONTYEVA, Hrsg.: Das Kaspische Meer. Moskva 1969 (Sammelband mehrerer Aufsätze zur Geologie, Geomorphologie und Hydrologie des Kaspischen Meeres).
- PRAWOSLAWLEW, P. A.: Kaspische Ablagerungen am unteren Laufe des Wolga-Flusses. *Nachrichten des Zentralbüros f. Hydrometeorologie URSS* 6, 1926, S. 1–77 (Russ. mit dt. Zusammenfassung).
- REMIZOVA, S. S.: Die Wasserbilanz. In: *PODROVALSKOGO...*, S. 107–138.
- RUDLOFF, H. v.: Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas in Europa seit dem Beginn der regelmäßigen Instrumentenbeobachtungen (1670). *Die Wissenschaft* Bd. 122, Braunschweig 1967.
- SCHLENGER, H.: Die Sowjetunion. Geographische Probleme ihrer inneren Gliederung. *Veröff. Schleswig-Holst. Universitätsgesellschaft* NF 33, Kiel 1963.
- SCHMICK, H.: Die Aralo-Kaspi-Niederung und ihre Befunde im Lichte der Lehre von den säkularen Schwankungen des Seespiegels und der Wärmezonen. Leipzig 1874.
- SCHOKALSKY, J.: Une Dénivellation Récente et Brusque du Niveau de la Mer Caspienne. *Annales de Géographie* 1914, S. 151–159.
- SMIRNOVA, K. J.: Refinement of a Method of Forecasting the Caspian Sea Level. *Soviet Hydrology, Selected Papers*, 1966, S. 199–205.
- SOLOVYEV, V. F. – Y. G. MAYEN – A. Y. YUNOV: Manifestations of Mud Volcanism in the Deep Part of the South Caspian. *Dokl. Akad. Nauk SSSR* 140, Nr. 5, 1961, S. 1163–1166 (Amerik. Ausgabe: S. 1017–1020).
- STAUB, W.: Postglaciale Spiegelschwankungen des Kaspischen Meeres. *Der Schweizer Geograph* 14, 1937, S. 113–121.
- TASKIN, G. A.: The Falling Level of the Caspian Sea in Relation to Soviet Economy. *Geogr. Review* 44, 1954, S. 508–527.
- TOLSTOV, S. P. – A. S. KES: Histoire des colonies préhistoriques sur les cours d'eaux des deltas anciens de l'Amou-Daria et de Syr-Daria. *Essais de Géographie*. Recueil des articles pour le XVIII^e Congress Intern. de Gé-

graphie. Editions de l'Académie des Sciences de l'URSS, Moskau-Leningrad 1956, S. 341–351.

ULANOV, K. K.: Increase in the Level of the Caspian Sea and its Water Balance. Dokl. Akad. Nauk SSSR 157, Nr. 1, 1964, S. 99–100 (Amerik. Ausgabe: S. 48–49).

– : Subsurface Drainage into the Caspian Sea and Bottom and Shore Seepage of its Water. Dokl. Akad. Nauk SSSR 612, Nr. 1, 1965, S. 166–168 (Amerik. Ausgabe: S. 121–123).

WALTHER, J.: Das Oxusproblem in historischer und geologischer Beleuchtung. PM 44, 1898, S. 204–214.

WENDROW, S. L. – S. J. GELLER: Geographische Aspekte des Wolga-Kaspi-Problems. In: Aus der Praxis der sowjetischen Geographie. Gotha–Leipzig 1966, S. 145–152.

WOSNESENSKY, A.: Neues über die Schwankungen des Wasserstandes im Kaspischen Meer. Nachrichten des Zentralbüros f. Hydrometeorologie 6, 1926, S. 307–359 (Russ. mit dt. Zusammenfassung).

GEMEINDETYPISIERUNG MIT HILFE QUANTITATIVER STATISTISCHER VERFAHREN

(Beispiel: Regierungsbezirk Köln)

Mit 7 Tabellen, 7 Abbildungen und 1 Übersicht (z. T. auf Beil. VII)

JÜRGEN BÄHR

Summary: Classification of Gemeinden with the help of quantitative statistical methods

This work examines the use of factor analysis and distance grouping as an aid to as objective as possible a classification of Gemeinden (local authorities). The 237 Gemeinden of the Cologne Regierungsbezirk (Government District) were used as an example. Out of 40 demographic, economic and constructional variables drawn from official statistics, 7 variables of higher order (the factors) were computed, which underlay or caused the interdependencies between the selected characteristics. For specific problem formulation it would be necessary to substitute for the groups of variables presented here a combination more

oriented towards the problem in question. The factor loadings (correlations between variables and factors) enabled interpretation to be made, after the varimax rotation, of the 7 factors, which served as the new descriptive dimensions of the Gemeinden.

Factor values were computed for the Gemeinden which gave a measure of whether a particular factor is characteristic for one Gemeinde or not. Following that, it was possible to comprehensively describe the structure of every Gemeinde in terms of 7 factor values. In a last section, a distance grouping in multidimensional space was undertaken in order to attempt the classification of similar Gemeinden into types. This indicated that it was unnecessary to take all 7 factors into account. Because of this, two groupings were undertaken (once for economic structure and once for age structure). The map at the end shows a combination of both the types thus derived.

Überblickt man die bisherigen Versuche einer Gemeindetypisierung, so kann man im wesentlichen drei verschiedene Ansatzpunkte bei der Auswahl der zugehörigen Merkmale feststellen¹⁾.

Die Mehrzahl der Gemeindetypisierungen geht von der Verteilung der Erwerbspersonen auf die verschiedenen Wirtschaftsbereiche aus. Als Beispiel können die Arbeiten von HÜFNER (1953) für Hessen, LEHMANN (1953) für Bayern und LINDE (1953) für Niedersachsen dienen. LINDE geht allerdings einen Schritt weiter und bemüht sich darum, neben dem Anteil der in Landwirtschaft, Industrie sowie Handwerk und Einzelhandel Beschäftigten weitere soziale und funktionale Merkmale (z. B. Stellung im Beruf, übergemeindliche Funktionen) zu berücksichtigen. In diese gleiche Gruppe läßt sich auch die Arbeit von FEHRE (1961) einreihen, der eine Typisierung der Gemeinden des Landes Nordrhein-Westfalen nach der Erwerbsstruktur der Wohnbevölkerung vornimmt, indem er die Prozentanteile, die in jeder Gemeinde auf die

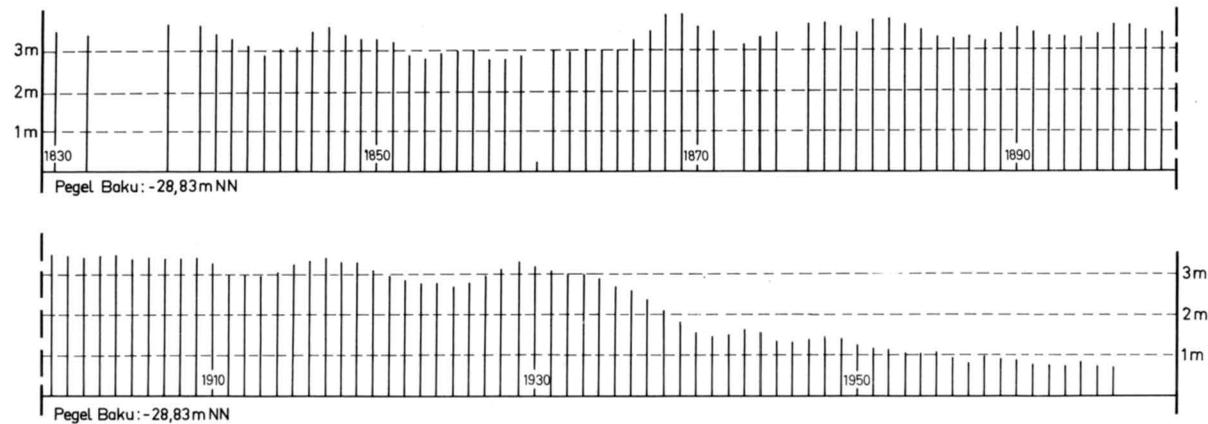
Definition

Factor	Definition	Characteristics variables (selected)
1	services	civil servants and office workers, employees in agriculture (neg), employees in trade and services, new buildings with bath and w.c.
2	age structure 1	21–45 year olds, proportion older than 65 (neg), proportion of females (neg)
3	industry	manual workers, employees in mining and industry, SPD voters
4	religion	catholic, protestant (neg)
5	age structure 2	45–65 year olds, proportion older than 15 (neg)
6	outcommuters	outcommuters, 1 and 2 family houses
7	age of buildings	buildings constructed between 1919 and 1948, buildings constructed before 1919 (neg)

¹⁾ Einen Überblick über die wichtigsten bisher erschienenen Arbeiten geben BARTELS, 1965 und SCHNEPPE, 1970.

Abb.1 : Die Spiegelschwankungen des Kaspischen Meeres 1830-1966 *

Fig.1 : Changes in the level of the Caspian Sea 1830-1966 *



* Quellen : 1830-1931 nach Berg,
ab 1931 : Pegel Bandar Pahlavi, nach eigenen Erhebungen

* Sources : 1830-1931, after Berg,
from 1931 author's data from the Bandar Pahlavi water-gauge

Abb.5 : Wasserhaushalt und Spiegelschwankungen des Kaspischen Meeres 1847-1965 (nach Remizova 1969)

Fig.5 : Water balance and changes in the level of the Caspian Sea 1847-1965 (after Remizova 1969)

Niederschlag auf Seefläche
 precipitation on the surface of the sea
 Abflußspende der Flüsse
 flow yields of the rivers
 Verdunstung über Seefläche
 evaporation over the surface of the sea
 Verlust an Kara-Bugas-Bucht
 losses in the Kara-Bugas-Bay

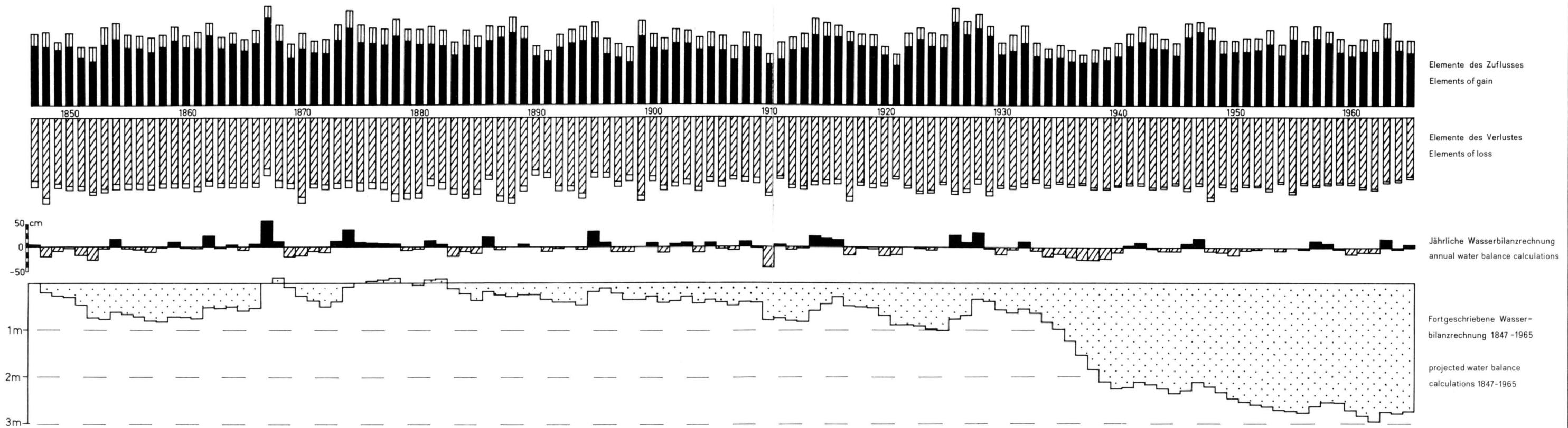


Abb.2 : Kaspi-Terrassen und Kaspi-Sedimente des 18./19. Jh. am Gumüş-Tappeh in der Turkmenensteppe Nordpersiens

Fig.2 : Caspian terraces and Caspian sediments of the 18 th/19 th centuries on the Gumüş -Tappeh in the Turkmenian Steppe of northern Persia

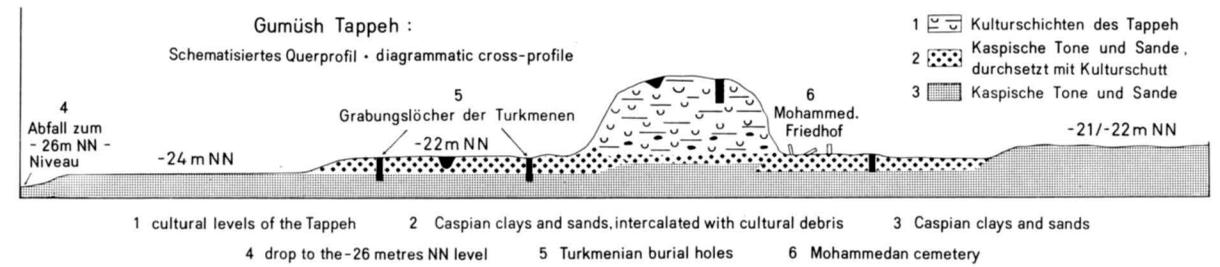
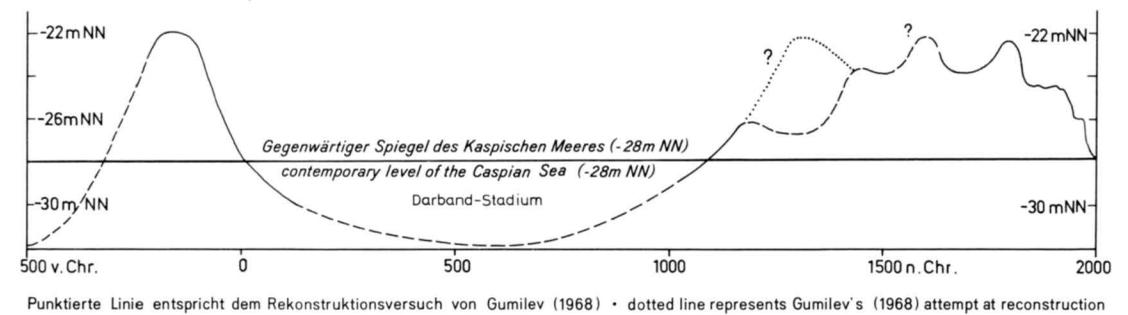


Abb.3 : Die Seespiegelschwankungen des Kaspischen Meeres seit der Zeitenwende (verändert und erweitert nach Fedorov-Skiba)

Fig.3 : The changes in the level of the Caspian Sea since the start of our times (modified and expanded after Fedorov-Skiba)



Punktierte Linie entspricht dem Rekonstruktionsversuch von Gumilev (1968) • dotted line represents Gumilev's (1968) attempt at reconstruction