

Untersuchungen zur Morphologie und Morphometrie di- und tetraploider Grünkröten (*Bufo viridis* - Komplex) in Mittelasien (Amphibia: Anura: Bufonidae)

Mit 15 Tabellen und 37 Abbildungen

MATTHIAS STÖCK

Abstract. Investigations on morphology and morphometrics of diploid and tetraploid green toads (*Bufo viridis* complex) in Middle Asia (Amphibia: Anura: Bufonidae). - After ploidy determination, qualitative and 16 quantitative morphological parameters were investigated in both diploid and tetraploid green toads from populations of ten localities in Iran, Turkmenistan, Uzbekistan and Kyrgyzstan. A Central European population was partly included in comparisons. Dorsal and ventral marking patterns were not suitable for ploidy determination. Most of the morphometrical parameters exhibited significant differences of the average values but large intersections of both diploid and tetraploid toads. Therefore, these parameters were not suitable for an exact determination of individuals. Variability and population specific complexes of characters are elaborated and discussed as well as evaluated concerning ecological/zoogeographical and taxonomic aspects. Cluster analyses confirmed relationships between ploidy level and external character syndrom; discriminant analyses were tested for classification of individuals. Parallels to other polyploid anuran species are drawn. A brief nomenclatural review of probably available names for tetraploid taxa is presented.

Kurzfassung. Nach Bestimmung des Ploidiegrades wurden bei di- und tetraploiden Grünkröten aus Populationen von zehn Fundplätzen in Iran, Turkmenistan, Usbekistan und Kyrgyzstan qualitative und 16 quantitative morphologische Parameter untersucht. Eine mitteleuropäische Population wurde z.T. in Vergleiche einbezogen. Rücken- und Bauchzeichnungsmuster erlaubten keine Bestimmung des Ploidiegrades. Die meisten morphometrischen Merkmale wiesen signifikante Mittelwertunterschiede, aber große Überschneidungen der Werte di- und tetraploider Kröten auf, und waren daher isoliert zur zuverlässigen Bestimmung von Individuen ungeeignet. Variabilität und populationspezifische Merkmalskomplexe werden ausführlich dargestellt und diskutiert sowie unter ökologisch/zoogeographischem bzw. taxonomischem Aspekt bewertet. Clusteranalysen bestätigten Zusammenhänge zwischen Ploidiegrad und äußerem Merkmalssyndrom; Diskriminanzanalysen wurden zur Einordnung von Individuen geprüft. Vergleiche mit anderen polyploiden Anurenarten werden gezogen. Eine kurze nomenklatorische Übersicht wahrscheinlich verfügbarer Bezeichnungen für tetraploide Taxa wird diskutiert.

1. Einleitung

1.1. Polyploidie bei den Amphibia und in der Gattung *Bufo*

Polyploidie als unter Vertebrata seltenes Phänomen tritt am häufigsten bei Amphibien auf (SCHMID, 1980), stellt aber auch hier mit ca. 2 % aller Arten (KURJAVTSEV et al., 1988) eine Seltenheit dar. Wahrscheinlich sind nur bei Amphibien (SCHMID et al., 1985) zweigeschlech-

tige, polyploide Arten oder Populationen mit den mutmaßlichen diploiden Stammpopulationen vergesellschaftet (RALIN & SELANDER, 1978; BOGART, 1980; DUELLMAN & TRUEB, 1994). Die Evolution brachte polyploide Urodela und Anura mehrfach hervor; letztere sind von den Pipidae, Leptodactylidae (einschl. Ceratophryinae), Hylidae, Ranidae und Bufonidae bekannt (SCHMID, 1980; KAWAMURA, 1984), wobei sie in elf Gattungen (DUELLMAN & TRUEB, 1994) auftreten.

Bei Chromosomenanalysen von 77 Species (KING, 1990) der 205 Arten umfassenden Gattung *Bufo* (DUELLMAN & TRUEB, 1994: 534) wurden bislang lediglich in zwei Artengruppen polyploide Formen bekannt: *Bufo asmarae* (TANDY et al., 1982) mit $4n = 40$ ist eine tetraploide Species der zwölf 20-Chromosomen-Krötenarten aus der *Bufo regularis*-Gruppe. Tetraploide Vertreter der 22-Chromosomen-Kröten findet man in der eurasischen *Bufo viridis*-Gruppe, welche $4n = 44$ Chromosomen besitzen und Gegenstand der vorliegenden Arbeit sind.

1.2. Taxonomische und allgemeine Übersicht über die *B. viridis*-Gruppe in Mittel- und Zentralasien

Bufo viridis weist eine für Wirbeltiere ungewöhnlich hohe genetische Variabilität zwischen diploiden Populationen auf (DESSAUER et al., 1975; KARAKOUSIS & KYRIAKOPOULOU-SKLAVOUNOU, 1995). Die Vielfalt der Phänotypen in Mittel- und Zentralasien (Def. vgl. WALTER & BRECKLE, 1991, Bd. 3: 233, 275, 295) führte zur Beschreibung zahlreicher Taxa mittels klassischer Methoden (vgl. ROTH, 1986; KUZMIN et al., 1988). Die Entdeckung tetraploider Formen im N-Tian-Shan (MAZIK et al., 1976; BACHMANN et al., 1978), die Beschreibung ähnlicher tetraploider Grünkröten als Art (*Bufo danatensis* PISANETS, 1978) und die Arbeit von HEMMER et al. (1978) leiteten eine Forschungsphase mit cytologischen, ethologischen und biochemischen Methoden ein. HEMMER et al. (1978) beschrieben *Bufo viridis turanensis* neu und hielten eine sogenannte Kleinform für *Bufo latastii* BOULENGER, 1882. PISANETS & ŠČERBAK (1979), ebenso wie ROTH (1986), unterstützten das Taxon *Bufo viridis turanensis*, das in den Tiefländern Mittelasiens vertreten ist, aber widerlegten die Zuordnung der Kleinform zu *B. latastii* (vgl. auch BORKIN et al., 1986b; ROTH, 1986; KUZMIN et al., 1988). PISANETS & ŠČERBAK (1979) unterteilten diese Kleinform in drei Taxa: die neu beschriebene Unterart *B. viridis asiomontanus*, die im Fergana-Höhenzug (S-Kyrgyzstan) vorkommt und diploid sein soll, sowie zwei ökologische Gruppen tetraploider Grünkröten (unterstützt von: BORKIN et al., 1986a; ROTH, 1986), die vorläufig als Unterarten von *B. danatensis* bezeichnet wurden und in Mittelasien einerseits im Hochgebirge bis oberhalb 3500 m vorkommen, andererseits Tiefländer und Vorgebirgshügel arider Zonen besiedeln. Dort sind sie teilweise sympatrisch mit ihren diploiden Verwandten verbreitet. MEŽŽERIN & PISANETS (1995a, b) führten umfassende elektrophoretische Analysen durch, die für eine allopolyploide Natur tetraploider Grünkröten sprechen und möglicherweise sogar deren mehrfache unabhängige Entstehung belegen.

Bislang gibt es in der Literatur nur wenige Hinweise für eine reproduktive Isolation di- und tetraploider Formen. Ein Befund von PISANETS (1978), der in Danata zwei triploide Weibchen fand, die unfruchtbar zu sein schienen, wird immer wieder zur Bestätigung des Artstatus der tetraploiden Grünkröten zitiert (BORKIN et al., 1986a; KUZMIN et al., 1988). Bei künstlichen Kreuzungsexperimenten (ORLOVA & UTEŠEV, 1986; PISANETS, 1992a) wurde der Ploidiegrad der F_1 und seine Bedeutung hinsichtlich der Fruchtbarkeit nicht untersucht. Neuere Untersuchungen lieferten jedoch Indizien für eine reproduktive Isolation u.a. durch ethologische Mechanismen (STÖCK, 1995, 1997). ROTH (1986) und KUZMIN (1995) bemerken, daß „*B. danatensis* wahrscheinlich ein ungültiger Name“ ist, weil ältere das tetraploide Taxon (bzw. die tetraploiden Taxa) bereits bezeichnen. Da *Bufo latastii* BOULENGER, 1882 offenbar auf Kaschmir und Ladakh beschränkt ist (vgl. PISANETS & ŠČERBAK, 1979; ROTH,

1986) sind derzeit insbesondere folgende Bezeichnungen für die mittel- und zentralasiatischen tetraploiden Grünkröten noch relevant (vgl. Stöck, 1995), wobei weitere taxonomische Studien ausstehen:

I) *Bufo oblongus* NIKOLSKY, 1896 (NIKOLSKY, 1896 & 1897), wurde aus den Ssaman Schakhi-Bergen bei Birjand (O-Iran) beschrieben, ein Gebiet, das nahe den Vorkommen tetraploider Kröten in S- und W-Turkmenistan liegt. Das Taxon wurde als fragliches Synonym von *B. viridis* (BEDRIAGA, 1898), als Unterart von *B. viridis* (EISELT & SCHMIDTLER, 1973) oder für wahrscheinlich tetraploid gehalten (ROTH, 1986).

II) *B. viridis unicolor* KASTSHENKO, 1909 (KAŠČENKO, 1909), aus der Umgebung der „Bahnhstation Kok-Mujnok“, nahe dem Issyk-Kul'-N-Ufer, darf als tetraploid angesehen werden, da alle untersuchten Kröten aus dem Issyk-Kul'-Becken 44 Chromosomen aufwiesen (TOKTOSUNOV, 1984; KUZMIN et al., 1988; BORKIN, 1989) und der Verfasser diese Ergebnisse durch Untersuchungen bei Kokmojnok, das mit der genannten Bahnhstation KAŠČENKO's identisch sein dürfte, bestätigen konnte (Stöck, 1995).

III) *Bufo nouettei* MOCQUARD, 1910 (MOCQUARD, 1910), wurde aus NW-China (Kashgar und Nan Shan Gebirge) beschrieben. MOCQUARD (1910) vermutete eine nahe Verwandtschaft mit *B. raddei* STRAUCH, 1876; EISELT & SCHMIDTLER (1973) hielten das Taxon für eine Subspecies von *B. viridis*. Da bei cytogenetischen Untersuchungen in Xinjiang ausschließlich Grünkröten mit 44 Chromosomen gefunden wurden (WHU MIN & ZHAO YAJIANG, 1987), ist es sehr wahrscheinlich, daß dieser Name ebenfalls tetraploide Kröten bezeichnet.

Aufgrund der nicht abschließend geklärten Taxonomie wird innerhalb der vorliegenden Studie - einem Vorschlag von ROTH (1986) folgend - lediglich zwischen di- und tetraploiden Grünkröten unterschieden und ihr Fundort angegeben.

1.3. Arbeiten zur Morphologie di- und tetraploider mittelasiatischer Grünkröten

Bereits MAZIK et al. (1976) verwiesen auf signifikante Massen- und Größenverringern von den diploiden Tiefland- zu den tetraploiden Gebirgspopulationen Kyrgyzstans. PISANETS (1977) erwähnt die Polyploidie lediglich und benennt erst im Jahr darauf (PISANETS, 1978) für *B. danatensis* morphologische Merkmale zu deren Abtrennung von diploiden *B. viridis* (Tab. A). Diese Merkmale übernimmt KUZMIN (1995: 94) in ihren Grundzügen und führt sie als generelle Unterscheidungsmerkmale zwischen di- und tetraploiden Grünkröten an. Er spezifiziert aa) auf die deutliche Zuspitzung der Parotiden an ihrem Hinterende („beinahe wie eine Nadelspitze“) und wiederholt bb) und cc), jedoch unter dem Vorbehalt, daß sie nicht immer zuträfen (KUZMIN, 1995: 186 - „der einzige echte Unterschied ist jedoch der Karyotyp“). *B. viridis turanensis* unterscheidet sich durch bedeutende Körpergröße, große relative Parotidenlänge und kleine Werte des Verhältnisses „Parotiden-Mundspalten-Distanz / Tympanum-Mundspaltendistanz“ von den übrigen mittelasiatischen Formen (HEMMER et al., 1978). Die Autoren beachteten jedoch nicht die tetraploiden Formen (MAZIK et al., 1976; BACHMANN et al., 1978). PISANETS & ŠČERBAK (1979) untersuchten in der ehem. UdSSR anhand von 880 Grünkröten 30 äußere quantitative und qualitative Merkmale, von denen 12 als besonders geeignet angesehen wurden. Im Ergebnis wurde die Subspecies *B. viridis turanensis* gestützt und eine weitere Unterart, *B. v. asiomontanus*, beschrieben; zudem wurden teilweise prozentuale Angaben zu den Anteilen verschiedener Zeichnungselemente in den Populationen gemacht (Tab. B).

PISANETS & ŠČERBAK (1979) lieferten jedoch keine neuen morphologischen Aspekte zur Abgrenzung der Tetraploiden. Wegen hoher Variabilität lehnte ROTH (1986) die Verwendung

<i>Bufo viridis</i>	<i>Bufo danatensis</i>
a) Parotiden „vergrößert“, Länge mehr als 1/5 der Körperlänge	aa) undeutliche Parotiden, Länge übertrifft nicht 1/5 der Körperlänge
b) Abstand zwischen den Nasenöffnungen kleiner als 1/5 der Kopfbreite	bb) Abstand zwischen den Nasenöffnungen gleich od. größer 1/5 der Kopfbreite
c) Augenlänge größer als 1,25fache der Augen-Nasenloch-Distanz	cc) Augenlänge nicht größer als das 1,25fache (bzw. gleich) der Augen-Nasenloch-Distanz

Tab. A: nach PISANETS (1978) - Morphologische Unterschiede diploider *Bufo viridis* zu tetraploiden *B. danatensis*.

	<i>Bufo viridis viridis</i>	<i>Bufo viridis asiomontanus</i>	<i>Bufo viridis turanensis</i>
	drei od. mehr Flecken/Streifen auf den Vordergliedmaßen ¹	weniger als drei Flecken/Streifen auf den Vordergliedmaßen ¹	weniger als drei Flecken/Streifen auf den Vordergliedmaßen ¹
	keine Angaben	Parotidenbreite gleich der Augenlänge	Parotidenbreite größer als Augenlänge
Großfleckigkeit	Männchen: 33,5% Weibchen: 81%	Männchen: 1,5% Weibchen: 29,6%	keine Angaben
Fehlen von Flecken auf der Bauchseite	Männchen: 31% Weibchen: 18%	Männchen: 69% Weibchen: 70%	keine Angaben

Tab. B: nach PISANETS & ŠČERBAK (1979) - Morphologische Unterschiede dreier diploider Subspecies von *B. viridis*.

[¹ Hier ist vermutlich deren Oberseite gemeint; keine genauen Angaben.]

morphologischer Merkmale zur Diagnose von Arten und Unterarten in Mittelasien ganz ab. KUZMIN (1995: 182) betont die ausstehende taxonomische Überarbeitung der *Bufo viridis*-Gruppe und übernimmt die o.g. Merkmale diploider Subspecies (KUZMIN, 1995: 182) unter Berufung auf PISANETS & ŠČERBAK (1979) bzw. HEMMER et al. (1978).

Einzeltiere lassen sich anhand der o.g. Merkmale kaum eindeutig identifizieren. Außerdem läßt die von PISANETS (1978) bzw. KUZMIN (1995) genannte Merkmalskombination angesichts der phänotypischen Vielfalt tetraploider Tiere Bemerkungen zu deren Einordnungsmodus in das o.g. Schema vermissen. Der diploide Status von *B. viridis asiomontanus* wird zudem als bislang unbewiesen angesehen (vgl. STÖCK, 1995, 1997).

Auf der Basis exakt bestimmter Ploidiegrade fehlt somit bislang eine großräumige Studie, die den Zusammenhang zwischen Ploidiegrad und äußerer Morphologie mittelasiatischer Grünkröten zum Gegenstand hat.

2. Tiere, Material und Methoden

Die Datenerfassung (Morphologie, Morphometrie und Entnahme von Blutproben) erfolgte bei Reisen in Mittelasien im Zeitraum 1992-1995; es wurden Individuen aus zehn Populationen mittelasiatischer Grünkröten (s. Tab. 1; Abb. 1) - insgesamt 141 lebende adulte Individuen - in die Untersuchung einbezogen, wobei Männchen überrepräsentiert sind (Männchen sind länger am Laichgewässer und so leichter auffindbar; das reale Geschlechterverhältnis ist umstritten - vgl. u.a. PETERS, 1971; TOJMASTOV, 1989). Zu Vergleichszwecken wurden 13 diploide, adulte Tiere (*B. v. viridis*) aus Mitteleuropa (Halle/Saale) in einen Teil der Untersuchungen einbezogen. Alle Individuen wurden am Morgen nach dem Fang auf 0,5 g Genauigkeit mittels Federwaage gewogen sowie morphologisch und morphometrisch in standardisierten Erfassungsprotokollen registriert. Neben Notizen zur Rücken- und Bauchzeichnung beider Geschlechter sowie zur Ausbildung sekundärer Geschlechtsmerkmale der Männchen (Brunftschwielen, spitzwarzige Rückenhaut) wurden folgende Maße zur quantitativen Erfassung der äußeren Morphologie bestimmt (die eingangs stehenden Abkürzungen finden im Text Verwendung):

Population Ploidiegrad (diploid: 2n=22 tetraploid: 4n=44)	Abk. in Abb. l	N	Geographische Position, Fundortbeschreibung, Meereshöhe und Untersuchungszeitraum der Populationen	Belegexemplare im Mus. f. Tierkunde Dresden
Bami 2n=22	a	23	38.37 N, 56.38 O, Turkmenistan, Kysyl-Arvatskij Rajon, Kopet-Dag-Gebirge, Tal ca. 25 km SW der Bahnstation Bami, S des Passes, 750 m, März 1994	*Männ. MTKD D 39402 *Weib. MTKD D 39403
Bacharden 2n=22	b	2	38.14 N, 57.31 O, Turkmenistan, Ašchabadskaja Oblast', S Bacharden, ca. 10 km W Keljata, 500 m, April 1994	*Männ. MTKD D 39404
NO-Iran 2n=22	c	9	37.38 N, 55.29 O, Iran, NO, Grenzgebiet nahe Turkmenistan, ca. 50 km NW Gonbad-e-Kāvūs, 250 m, April 1994	*Männ. MTKD D 40009
Biškeek 2n=22	k	1	42.53 N, 74.46 O, Kirgyzstan, Biškeek, Botanischer Garten, September 1993	
Danata 4n=44	d	17	39.06 N, 55.06 O, Turkmenistan, Ašchabadskaja Oblast', im Norden des Churen Dag-Massivs, Bach 2-4 km SO des Dorfes Danata und warme Quelle ca. 4 km SO, 200 m, April 1994 (terra typica von <i>Bufo danatensis</i> PISANETS, 1978)	*Männ. MTKD D 39399 *Männ. MTKD D 39400 *Männ. MTKD D 39401
Bol'soj Balchan 4n=44 (und 2n=22?)	e	18	39.43 N, 54.29 O, Turkmenistan, Nebit-Dagskii Rajon, N-Abfall des Bol'soj Balchan, ca. 15 km S des Dorfes Oglanly, 500 m, April 1994	
Nuratau 4n=44	f	42	40.35 N, 66.30 O, Uzbekistan, Džizakskaja Oblast', Rajon Fariš, Nuratau-Naturschutzgebiet, N-Hang des Nuratau-Gebirges, 900 - 1600 m, Mai 1993, S-Ufer des Ajdarkul', 300 m, Mai 1995	*Männ. MTKD D 39405 *Weib. MTKD D 39401 *Männ. MTKD D 40010 *Männ. MTKD D 40011
Taškent 4n=44	g	6	41.16 N, 69.13 O, Uzbekistan, Taškent, 450 m, April 1995	
Čatkal 4n=44	h	5	41.35 N, 70.07 O, Uzbekistan, 80 km östlich Taškent, Čatkal-Naturschutzgebiet, 5 km O Burchmulla, 900 m, April 1995	
Issyk-Kul' 4n=44	i	18	42.29 N, 76.20 O, Kirgyzstan, Issyk-Kul', 1670 m, N-Ufer nahe Čon Orjuktu, Ču-Tal nahe Kokmojnok, September 1993; N-Ufer nahe des Dorfes Sary-Kamyš, April 1995	*Männ. MTKD D 40012

Tab. 1: Übersicht über die untersuchten Populationen.

- KRL Kopf-Rumpf-Länge (bei natürlich gestreckter Lage von der Schnauzenspitze bis zum Ende des Urostyls)
- KL Kopflänge von der Schnauzenspitze bis zum hinteren Rand des Tympanums
- KBr Kopfbreite am hinteren Rand des Tympanums
- LPar (größte) Länge der Parotiden
- * BPar (größte) Breite der Parotiden
- Tymh horizontaler Durchmesser des Tympanums
- * Tymv vertikaler Durchmesser des Tympanums
- AugD horizontaler Augendurchmesser („Augenlänge“)
- Naslab Abstand der Nasenlöcher
- * NasAug Abstand vom Nasenloch zum vorderen Augenrand
- TibL Länge der Tibia
- FußL Fußlänge mit 4. Digitus
- L1.Zeh Länge der 1. Zehe
- * Intorb (kleinster) Abstand zwischen den Augen
- LFersh Länge des inneren Fersenhöckers

Die Auswahl der Meßstrecken erfolgte in Anlehnung an PISANETS & ŠČERBAK (1979), ihre Definition nach (den Skizzen in) NÖLLERT & NÖLLERT (1992); zur besseren Vergleichbarkeit (vgl. ANDRÉN & NILSON, 1979) wurden ab 1994 weitere Maße ergänzt (*). Nach der Entnahme von Blutproben erfolgte bei ca. 50 % der Tiere eine fotografische Dokumentation mittels Farb-Positivfilm. In jeder Population wurde der Ploidiegrad einiger Beispielindividuen karyologisch erfaßt bzw. erfolgte seine Feststellung bei allen übrigen Individuen durch Messungen von Erythrozyten und/oder mikrodensitometrische Bestimmung ihres Kern-DNA-Gehaltes (Stöck, 1995; Stöck & GROSSE, 1997). Das Auftreten einzelner di- oder triploider Individuen in der Population Bol'soj Balchan ließ sich nicht mit Sicherheit ausschließen, wird aber für unwahrscheinlich gehalten (vgl. Stöck, 1995, 1997; Stöck & GROSSE, 1997). Die quantitativen Daten wurden (z.T. in Kombination mit den Ergebnissen

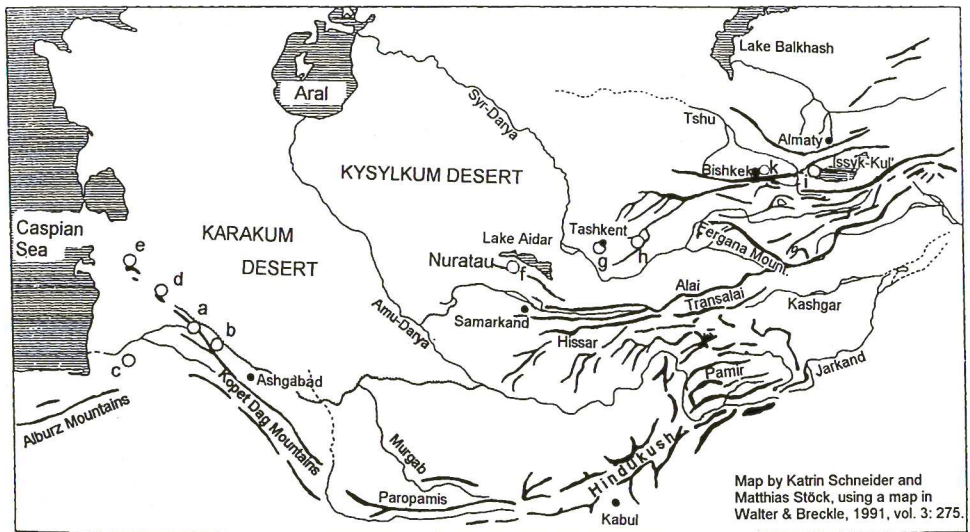


Abb. 1: Kartenübersicht zu den untersuchten Populationen. Buchstaben: siehe Tabelle 1.

der Erythrozytenmessungen) mit dem Statistikprogramm SPSS für Windows (Version 6) statistisch ausgewertet, wobei auch multivariate Methoden angewandt wurden (nähere Angaben s. 3.2.).

3. Ergebnisse

3.1. Qualitative morphologische Merkmale

3.1.1. Geschlechtsdimorphismus

Die Männchen di- und tetraploider Grünkröten zeichnen sich meist durch eine olive bis olivbraune Grundfärbung aus, die nach Terrarienbeobachtungen auch aktivitätsabhängig ist. Darauf befinden sich grüne bis dunkelolive Fleckungen bzw. ein Flecken-/Streifennetz. Dorsal ist die Fleckung häufig aufgelöst oder fehlt ganz, mitunter tritt sie am gesamten Körper fast völlig zurück und deutet sich dann lediglich auf den Extremitäten an. Die Männchen der untersuchten di- und tetraploiden Grünkröten wiesen in der Laichzeit deutliche schwarzbraun pigmentierte Brunftschwien an den ersten zwei (bis drei) Fingern auf. Die wenigen im Herbst untersuchten Männchen aus der Population Issyk-Kul' zeigten eine hellgraue bis graubraune Färbung der Schwien; ein Männchen aus dieser Population in schlechtem Ernährungszustand ohne jegliche Brunftschwien und mit glatter Rückenhaut wies nach guter Fütterung und Überwinterung im Terrarium normale männliche Merkmale auf. Sekundäres Geschlechtsmerkmal der Männchen sind zudem dorsale, hornige Warzen-Drüsenspitzen, die in der Laichzeit oft dunkel pigmentiert sind. Außerhalb der Laichzeit ist dieses Merkmal weniger prägnant.

Die Weibchen di- und tetraploider Grünkröten sind durch hellere Grundfärbung als die Männchen mit beige-gelblichen, weiß-gelblichen oder gräulichen Tönen charakterisiert, die ebenfalls begrenzte Aktivitätsabhängigkeit zeigen. Man findet darauf dunkel-olive bis dunkelgrüne, zudem oft dunkel umrandete Fleckungen bzw. Flecken-/Streifennetze unterschiedlichen Ausmaßes, die auch dorsal deutlich ausgeprägt sind. In der Rückenmitte können die Fleckungen so zusammentreten, daß es zur Ausbildung eines hellen Streifens der Grundfärbung kommt (unabhängig vom Besitz eines gelben Rückenstreifens). Die Rückenhaut der Weibchen weist keine oder nur äußerst wenige verhornte Drüsenspitzen auf.

MUSTERTYP		A: dunkle Rückenflecken weitgehend unregelmäßig miteinander verschmolzen; einzelne isolierte Flecken durchschnittlich größer als ein Auge; Rückenmitte gefleckt		B: Rückenflecken isoliert, so groß oder kleiner als ein Auge; Rückenmitte gefleckt		C: Rückenflecken entlang eines deutlich ungefleckten - oft weißlichen - Rückenstreifens in Längsreihen verschmolzen		D: helle Grundfarbe des Rückens - abgesehen von einer deutlich hellen Vertebrellinie - nur in Resten erkennbar		E: Rücken einfarbig grau; gelegentlich vereinzelt dunklere Flecken angedeutet	
Population (N)	Geschlecht	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.
NO-Iran (N=9)		3	1	-	-	3	1	-	-	1	-
Bacharden (N=3)		-	-	-	-	-	-	-	-	3	-
Bami (N=23)		-	2	-	-	-	-	-	-	21	-
Bişkek (N=1)		1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Bol'soj Balchan (N=18)		1	-	-	-	-	1	-	-	16	-
Danata (N=17)		-	-	-	-	-	-	-	-	16	1
Nuratau (N=45)		5	4	-	1	-	9	-	-	26	-
Taşkent (N=6)		1	-	-	-	-	-	-	-	5	-
Čatkal (N=5)		-	-	-	-	-	-	-	-	5	-
Issyk-Kul' (N=18)		-	5	-	-	-	1	-	-	12	-
insgesamt diploid 2n=22 (N=34)		4	3	-	-	3	1	-	-	25	-
insgesamt tetraploid 4n=44 (N=109)		7	9	-	1	-	11	-	-	80	1

Tab. 2: Zeichnungsmuster des Rückens der untersuchten mittelasiatischen Grünkröten nach EISELT & SCHMIDTLER (1973); diploide Populationen grau unterlegt.

Ein gelber Längsstrich in der Rückenmitte, der oft die Schnauzenspitze erreicht, unterschiedlich breit und durchgehend oder unterbrochen sein kann, konnte bei Tieren beider Geschlechter und Ploidiegrade beobachtet werden.

3.1.2. Unterscheidung di- und tetraploider Grünkröten

Auffällig war bei den untersuchten diploiden mittelasiatischen Grünkröten vor allem die Größe der Parotiden und deren caudal gerundetes Aussehen. Bei vielen tetraploiden Grünkröten läßt sich dagegen häufig eine caudale Verschmälerung / Verjüngung der Parotiden bemerken. Dieses Merkmal erwies sich jedoch nicht als zuverlässig.

Färbung und Mustertypen

Anhand bekannter Rückenzeichnungs-Mustertypen (EISELT & SCHMIDTLER, 1973; HEMMER et al., 1978) wurden die Kröten nach Geschlecht, Population bzw. Ploidiegrad zugeordnet (s. Tab. 2). Die Weibchen beider Ploidiegrade gehören überwiegend zu Muster-Typ A oder C. Sie wären daher nach EISELT & SCHMIDTLER (1973) den Gruppen: „*B. viridis* ssp. inc. (Ostturkestanische Populationsgruppe)“; „*B. viridis* ssp. inc. (Transkaspische Populationsgruppe)“ bzw. *B. viridis pseudoraddei* MERTENS, 1971, zuzuordnen.

Bei sehr unterschiedlicher Deutlichkeit der Fleckung (s.u.) zählten die meisten Männchen beider Ploidiegrade zu Mustertyp E (sowie A und vereinzelt C; „einfarbig grau“ wurde auch auf Brauntöne angewandt, da im Leben braune Tiere nach der Präparation grau erscheinen können). Diese Zuordnung trifft auf mehrere von EISELT & SCHMIDTLER (1973) unterschiedene systematische Gruppen zu: „*B. viridis* ssp. inc. (Ostturkestanische Populationsgruppe)“; „*B. viridis* ssp. inc. (Transkaspische Populationsgruppe)“; „*B. viridis pseudoraddei* MERTENS, 1971“ (sowie bei unabhängiger Betrachtung von den Weibchen auf „*B. viridis kermanensis* EISELT & SCHMIDTLER, 1971“ und „*B. viridis oblongus*“ – sensu EISELT & SCHMIDTLER (1973) = *B. oblongus* NIKOLSKY, 1896). Die für beide Geschlechter von EISELT & SCHMIDTLER (1973) benannten hypothetischen Gruppen umfassen nach heutiger Kenntnis ein kaum auflösbares Konglomerat di- und tetraploider Grünkröten (vgl. PISANETS &

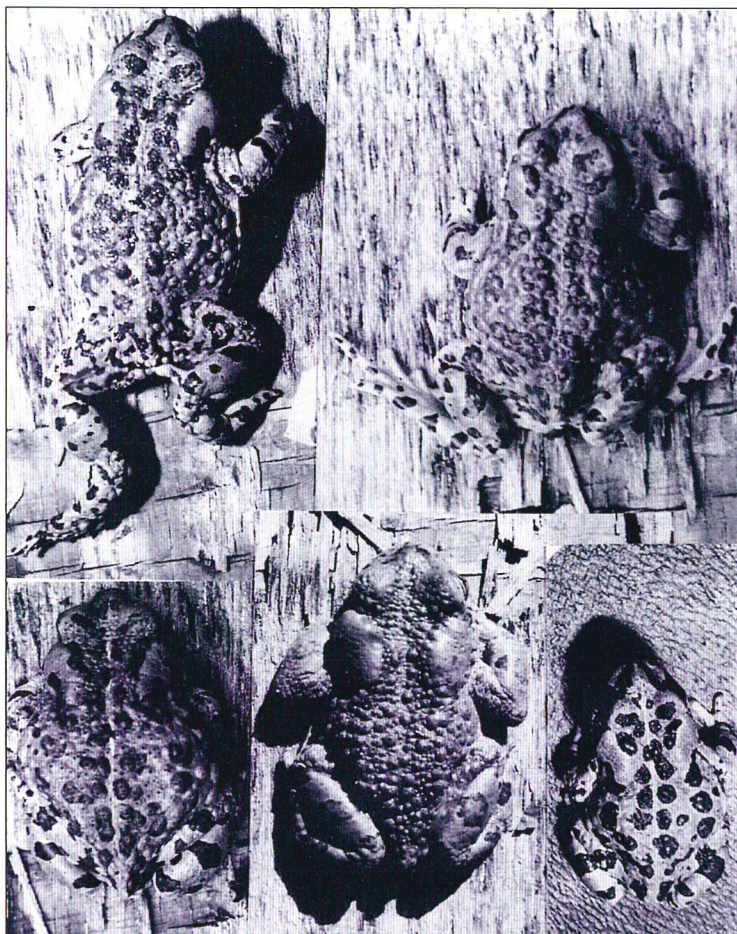


Abb. 2-6: Variabilität der Rückenmuster bei tetraploiden Männchen aus der Population Nuratau (Individuen zueinander nicht maßstäblich).

Abb. 2 (oben links): Übergang zwischen Mustertyp A und E. KRL 68,9 mm; Masse 31,0 g. - Abb. 3 (oben rechts): Mustertyp E. KRL 69,5 mm; Masse 34,5 g. - Abb. 4 (unten links): Übergang zwischen Mustertyp A und E mit Andeutung eines gelben Rückenstreifens. KRL 72,7 mm; Masse 38,5 g. - Abb. 5 (unten Mitte): Mustertyp E, nahezu einfarbig braun. KRL 68,9 mm; Masse 29,8 g. - Abb. 6 (unten rechts): Übergang zwischen Mustertyp A und B. Subadult, jedoch bereits dunkle Brunftschwien vorhanden. KRL 56,4 mm, Masse 17,5 g.

ŠČERBAK, 1979; ROTH, 1986). Die Mustertypen der Rückenzeichnung nach EISELT & SCHMIDTLER (1973) ermöglichen somit eine Unterscheidung di- und tetraploider Grünkröten nicht.

Die Zuordnung zahlreicher di- und tetraploider Individuen zu den Mustertypen A und E zeugt jedoch lediglich von *relativer Homogenität* der Muster (v.a. der Männchen). Innerhalb dieser recht groben Definitionen erwies sich die Rückenzeichnung dennoch als hoch variabel und zeigte zudem fließende Übergänge zu anderen Mustertypen - wie dies schon EISELT & SCHMIDTLER (1973) für einige Individuen registrierten.

Variabilität der Muster bestand sowohl zwischen (s. Tab. 2) als auch innerhalb einiger Populationen. Als Beispiel für die Tetraploiden soll die Population Nuratau dienen: neben



Abb. 7-10: Variabilität der Rückenmuster bei tetraploiden Weibchen aus der Population Nuratau (Individuen zueinander nicht maßstäblich).

Abb. 7 (oben links): Mustertyp C. KRL 84,3 mm, Masse 71,5 g. - Abb. 8 (oben rechts): Mustertyp B. Subadult, KRL 65,8 mm, Masse 25,5 g. - Abb. 9 (unten links): Übergang zwischen Mustertyp A und B mit deutlichem gelben Rückenstreifen (Foto von 1992, daher keine morphometrischen Angaben). - Abb. 10 (unten rechts): Mustertyp A (MTKD D 39401).

nahezu einfarbig braunen Männchen wurden zahlreiche Übergänge mit unterschiedlich intensiver Grünfleckung bis zu Tieren mit gelblichem Rückenstreifen beobachtet (s. Abb. 2 bis 6). Bei den Weibchen waren die Fleckungen sehr unterschiedlich groß, z.T. mit Aussparung eines hellen Rückenstreifens, zusätzlich wiesen einige einen deutlichen gelben Streifen auf (s. Abb. 7 bis 10). Während in der diploiden Population NO-Iran beide Geschlechter ein auffälliges Rückenmuster mit Flecken bzw. Flecken-/Streifennetz besaßen, wurden in den Populationen Bami und Bacharden fast einfarbig braune und leicht gefleckte Männchen - z.T. mit auffälligem, gelbem Rückenstreifen - gefunden (s. Abb. 11, 12), während die (wenigen) Weibchen deutliche Grünfleckungen/-streifungen aufwiesen (s. Abb. 13).

Diese Variabilität, auch innerhalb von Populationen desselben Ploidiegrades, gibt dem Verfasser Anlaß, die Rückenzeichnung zur Unterscheidung der Ploidiegrade für ungeeignet zu halten.



Abb. 11-13: Diploide Grünkroten (Individuen zueinander nicht maßstäblich).

Abb. 11 (links): Diploides Männchen aus der Population Bami, Mustertyp E. KRL 67,8 mm, Masse 43,0 g. - Abb. 12 (Mitte): Diploides Männchen aus der Population Bacharden mit gelbem Rückenstreifen, Mustertyp E. KRL 72,8 mm, Masse 48,0 g. - Abb. 13 (rechts): Diploides Weibchen aus der Population Bami (MTKD D 39403). Mustertyp A, Übergang zu B. KRL 82,7 mm, Masse 71,0 g.

Zum Vergleich der Bauchzeichnung wurde das Schema in PISANETS & ŠČERBAK (1979) verwendet (s. Tab. 3). Innerhalb von Populationen waren die Mustertypen z.T. variabel. Die Abb. 14 bis 18 zeigen Beispiele. Große Flecken (Mustertyp 2) wurden nur in der Population NO-Iran häufig (66 %) beobachtet (s. Tab. 3).

Die Zuordnung zu den einzelnen Bauchzeichnungsmustertypen ergibt bei Männchen und Weibchen keinen Zusammenhang mit dem Ploidiegrad, so daß sich auch dieses Kriterium nicht zur Trennung di- und tetraploider Grünkroten eignet.

MUSTERTYP		1. Kleine Flecken, Durchmesser kleiner als die Hälfte des Augendurchmessers		2. Große Flecken, Durchmesser größer als Hälfte des Augendurchmessers		3. Keine Flecken auf dem Bauch	
Population (N)	Geschlecht	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.	Männ.	Weib.
NO-Iran (N=9)		1	-	5	-	1	2
Bacharden (N=3)		2	-	-	-	1	-
Bami (N=23)		5	-	2	1	14	1
Biskek (N=1)		-	-	1	-	-	-
Bol'soj Balchan (N=18)		5	1	1	1	10	-
Danata (N=17)		2	-	-	-	14	1
Nuratau (N=45)		14	6	4	1	13	7
Taschent (N=6)		2	-	-	-	4	-
Čatkal (N=5)		3	-	2	-	-	-
Issyk-Kul' (N=18)		7	3	5	3	-	-
insgesamt diploid 2n=22 (N=34)		8	-	8	1	16	3
insgesamt tetraploid 4n=44 (N=109)		33	10	12	5	41	8

Tab. 3: Zeichnungsmuster-Typen des Bauches nach PISANETS & ŠČERBAK (1979; diploide Populationen grau unterlegt.

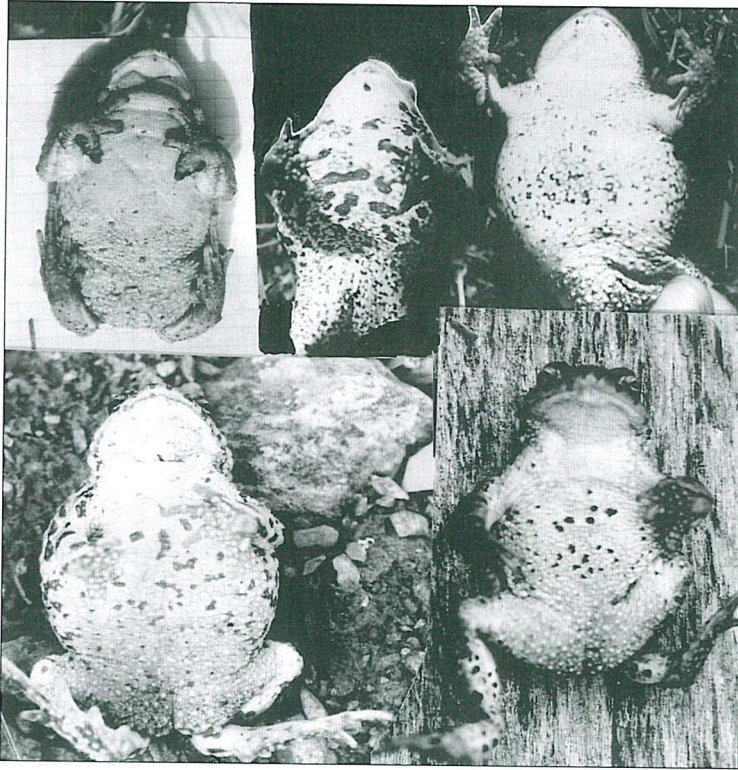


Abb. 14-18: Beispiele verschiedener Bauchzeichnungen di- und tetraploider Grünkröten (Individuen zueinander nicht maßstäblich).

Abb. 14 (oben links): Diploides Männchen aus der Population Bami mit Mustertyp 3 (leichte Verschmutzung beachten). KRL 76,0 mm, Masse 50,0 g. - Abb. 15 (oben Mitte): Diploides Männchen aus der Population NO-Iran mit Mustertyp 2. KRL 70,0 mm, Masse 37,0 g. - Abb. 16 (oben rechts): Tetraploides Weibchen aus der Population Issyk-kul' mit Mustertyp 1. KRL 72,2 mm, Masse 42,5 g. - Abb. 17 (unten links): Tetraploides Weibchen aus der Population Nuratau mit Mustertyp 2 (Foto von 1992, daher keine morphometrischen Angaben). - Abb. 18 (unten rechts): Tetraploides Männchen aus der Population Nuratau mit Mustertyp 1. KRL 64,5 mm, Masse 26,5 g.

3.2. Quantitative Merkmale bzw. morphometrische Untersuchungen von Einzelmerkmalen

3.2.1. Unterscheidung di- und tetraploider Grünkröten

Tabelle 4 zeigt Mittelwerte, Minima und Maxima für die 15 eingangs vorgestellten Parameter der mittelasiatischen Tiere. Durch einen Mittelwertvergleich (t-Test) wurde geprüft, ob sich die Parameter zwischen di- und tetraploiden Grünkröten signifikant unterscheiden. Dabei erwiesen sich die Varianzen nach dem im t-Test integrierten Levene-Test (bei Zugrundelegen eines $p < 0,05$) außer für das Merkmal FußL als gleich. Der t-Test ist somit außer für das Merkmal FußL für alle übrigen Merkmale unmittelbar anwendbar (vgl. BÜHL & ZÖFEL, 1994). Für das Merkmal FußL wurde ein approximierter t-Test durchgeführt.

Außer für BPar ($p \leq 0,4$) und NasAug ($p \leq 0,64$) ist der Mittelwertunterschied aller übrigen untersuchten Parameter in hohem Maße signifikant. Die Irrtumswahrscheinlichkeit ist für KRL, KL, KBr, LPar, Tymh, Tymv, AugD, Naslab, TibL, L1.Zeh, Intorb und die Masse

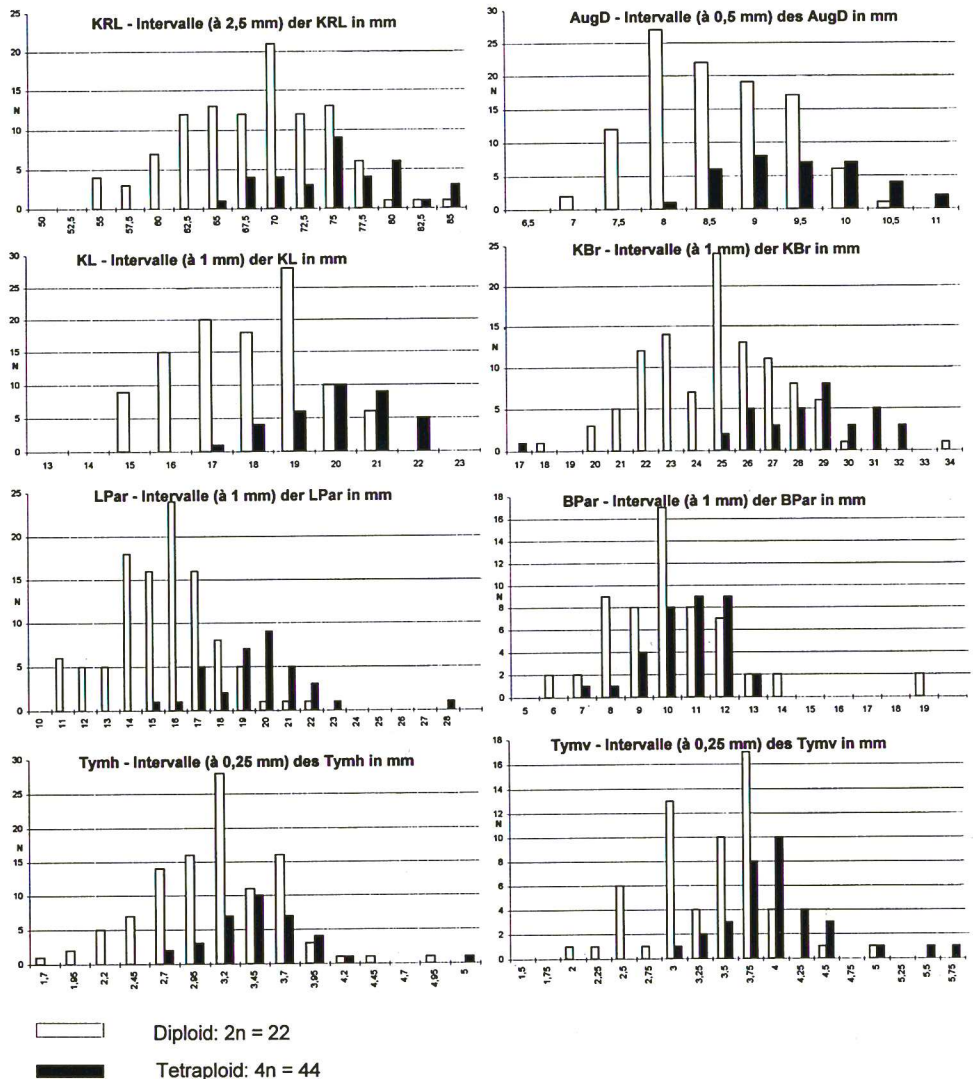
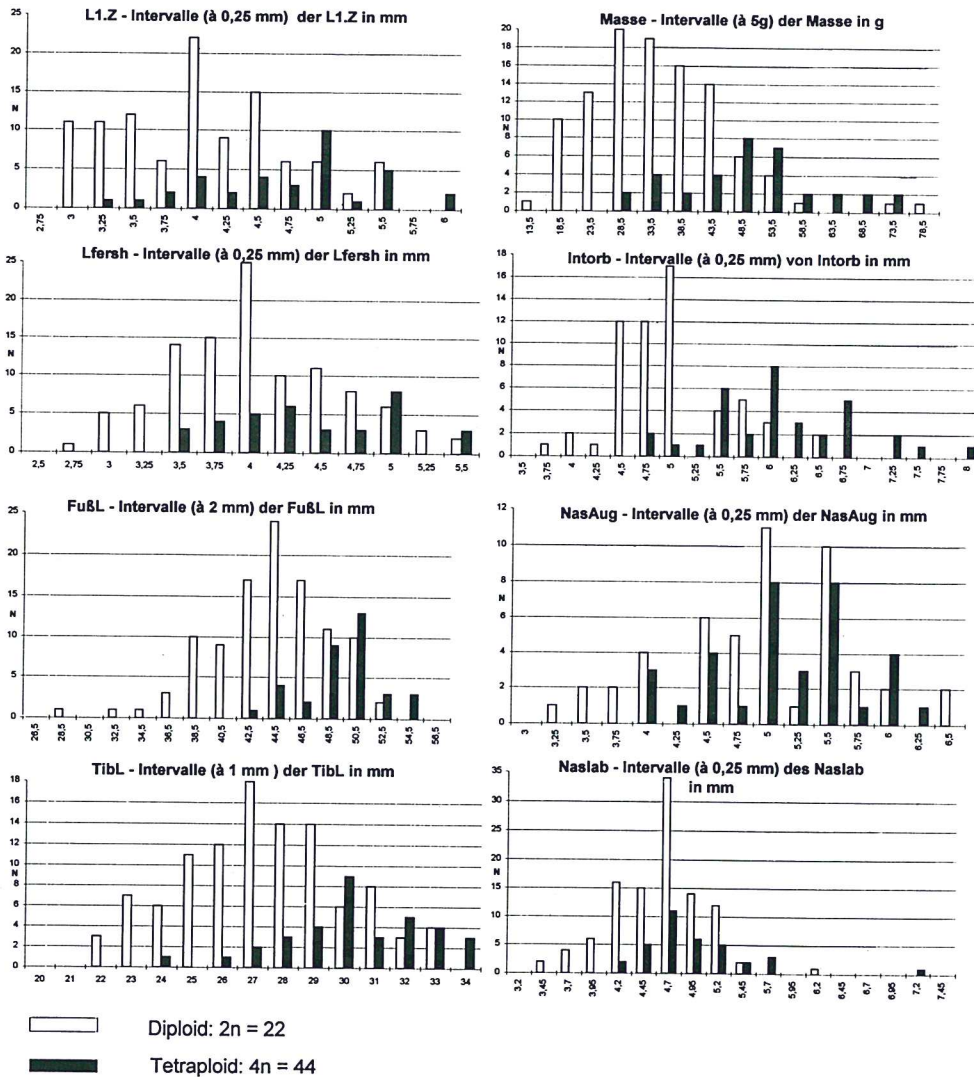


Abb. 19-34: Häufigkeitsverteilung di- und tetraploider Grünkröten in Intervallen einer Meßstrecke bzw. der Masse. Die y-Achse (N) gibt jeweils die Individuenzahl wieder. Auf der x-Achse ist - bei darunter angegebener Intervallbreite - der Zahlenwert der jeweils unteren (= linken) Intervallgrenze aufgetragen.
 Tetraploide: N = 59 für BPar, NasAug, Tymv und Intorb; übrige Parameter: N = 106. Diploide: N = 35.

$p < 0,001$; für das Maß LFersh $p < 0,002$. Es ist somit belegt, daß die meisten in vorliegender Studie untersuchten morphometrischen Merkmale eine Bindung an den jeweiligen Ploidiegrad zeigen bzw. die unterschiedliche genetische Konstitution anhand phänotypischer Merkmale nachweisbar ist.

Abb. 19 bis 34 zeigen die Häufigkeitsverteilungen aller 16 Parameter. Die untersuchten diploiden mittelasiatischen Grünkröten erreichen tendenziell höhere Meßwerte als die tetra-



ploiden (vgl. Tab. 4). Alle Einzelmerkmale zeigen jedoch Überschneidungen der Wertestreuungen beider Ploidiegrade; erwartungsgemäß sind Meßstrecken ohne signifikanten Mittelwertunterschied (BPar, NasAug) stärker betroffen. Überschneidungen werden nicht nur durch Extrema aller Merkmale verursacht, sondern umfassen meist mehr als 50 % der Tiere. Die ausschließliche Verwendung der untersuchten Einzelmerkmale für die sichere Bestimmung von di- bzw. tetraploiden Individuen ist somit ungeeignet.

Die von PISANETS (1978) angegebenen quantitativen Unterschiede tetraploider Grünkröten aus Danata zu diploiden (s. 1.2.) erwiesen sich selbst in dieser Population als nicht immer zutreffend und lassen sich nicht für andere tetraploide Grünkrötenpopulationen verallgemeinern, wie dies KUZMIN (1995: 94) – wenn auch unter Vorbehalt – tat. In Tab. 4 sind in der Rubrik „Spezielle Werte“ die aus Mittelwerten berechneten Relationen für a), b) und c) bzw. aa), bb) und cc) aufgeführt (s. 1.2.). Die Überprüfung ergibt, daß sich diese Werte nicht für eine Trennung der beiden Ploidiegrade eignen.

Meßstrecke in mm	Diploid 2n = 22					Tetraploid 4n = 44				
	N	Mittelwert	Spezielle Werte	Min	Max	N	Mittelwert	Spezielle Werte	Min	Max
KRL	35	74,02		63,4	83,7	106	67,24		53,6	84,3
KL	35	19,7		16,9	22,0	106	17,52		14,3	20,7
KBr	35	27,52		24,1	31,8	106	24,43		17,5	33,5
LPar	35	19,21	> KRL/5 = 14,8	14,4	27,3	106	15,08	> KRL/5 = 13,5	10,2	21,4
BPar	35	10,22		6,6	12,3	59	9,87		5,3	18,8
Tymh	35	3,37		2,6	5,0	106	3,00		1,7	4,9
Tymv	35	3,95		3,0	5,7	59	3,27		1,8	4,8
AugD	35	9,31	> NasAug*1,25 = 6,3	8,0	10,6	106	8,40	> NasAug*1,25 = 6,0	6,8	10,2
Naslab	35	4,84	< KBr/5 = 5,5	4,2	7,2	106	4,49	< KBr/5 = 4,8	3,3	6,2
NasAug	35	5,07		3,8	6,2	59	4,78		3,2	6,5
TibL	35	30,02		23,9	34,0	106	26,90		21,5	32,7
FußL in	35	48,59		41,7	54,2	106	43,18		26,8	52,0
L1.Zeh	35	4,65		3,2	5,8	106	3,96		2,8	5,5
Intorb	35	6,03		4,6	7,9	59	4,88		3,7	6,4
LFersh	35	4,32		3,3	5,3	106	3,96		2,7	5,4
Masse (in g)	35	46,95		26,5	71,0	106	32,05		13,5	75,5

Tab. 4: Mittelwerte, Minimum und Maximum der 15 Meßstrecken und der Masse di- und tetraploider Grünkröten; N = Individuenzahl. Spezielle Werte siehe 1.2 und 3.2.1

Wegen des für eurasische Grünkröten bekannten Geschlechtsdimorphismus in der Körpergröße (vgl. u.a. KUZMIN et al., 1988; NÖLLERT & NÖLLERT, 1992) wurde geprüft, inwieweit geschlechtsbedingte morphometrische Unterschiede die in Abb. 19 bis 34 dargestellten Ergebnisse beeinflusst haben könnten. Die relativ wenigen Weibchen verteilen sich jedoch gleichförmig unter die Männchen gleichen Ploidiegrades. Für statistische Aussagen ist der Stichprobenumfang der diploiden Weibchen allerdings mit vier Individuen zu gering. Geschlechtsgebundene morphometrische Unterschiede spielen bei der Betrachtung von Einzelmerkmalen di- und tetraploider Grünkröten wahrscheinlich eine untergeordnete Rolle.

3.2.2. Morphometrische Unterschiede zwischen Populationen

Tab. 5 zeigt für alle Populationen (bzw. Individuen von weiteren Fundplätzen) die Mittelwerte der morphometrischen Daten sowie zwei Relativwerte zur Vergleichbarkeit mit der Arbeit von PISANETS & ŠČERBAK (1979).

Die Mittelwerte der 15 quantitativen Merkmale jeder mittelasiatischen Population wurden Signifikanztests (Multiple Range Tests/LSD-Tests mit $p \leq 0,05$) unterzogen, deren Ergebnisse aus Platzgründen nur bei Ströck (1995: Anh. III) ausführlich dargestellt sind. Zusammen mit der o.g. Klassifikation nach Mustertypen lassen sie folgende Schlußfolgerungen zu (von Ähnlichkeit wird bei nicht vorhandenen signifikanten Unterschieden gesprochen; Aussagen zu Populationen mit geringer Individuenzahl, N, sind unter Vorbehalt zu werten):

A) Die tetraploiden Populationen lassen sich zunächst in zwei Gruppen unterteilen:

1. Die Population Danata (zur Veranschaulichung s. Abb. 35), mit:

- ausnahmslos extrem geringer Fleckung des Rückens der Männchen
- fleckenloser (oder selten extrem kleingefleckter) Zeichnung des Bauches
- gegenüber den anderen tetraploiden Populationen signifikant verschiedenen (kleineren) Werten für alle Parameter (lediglich bei Tymh Ähnlichkeit zur Population Nuratau)
- auffällig geringer KRL

	Diploide mittelasiatische Populationen 2n = 22				Vgl.-Popu- lation 2n = 22	Tetraploide mittelasiatische Populationen 4n = 44					
Meß- strecke	NO-Iran N=9	Bami N=23	Bach- arden N=2	Biškeek N=1	Halle N=13	Danata N=17	Bol'shøj Balchan N=18	Nuratau N=42	Taškent N=6	Čatkal N=5	Issyk- Kul' N=18
KRL in mm	69,13	76,01	72,40	75,50	67,20	58,58	71,19	68,18	70,95	69,60	67,31
KL in mm	18,38	20,27	19,15	19,30	17,80	15,65	19,39	17,62	18,36	18,25	16,66
KBr in mm	26,15	27,99	28,25	27,60	25,45	21,17	26,50	24,60	26,21	26,68	23,74
Index KBr/ KRL *100	37,82	36,82	39,01	36,55	37,87	36,13	37,22	36,08	36,94	38,33	35,36
LPar in mm	17,22	20,20	18,25	16,40	14,94	12,26	16,35	15,77	16,38	16,11	14,07
Index LPar/ KRL *100	24,91	26,57	25,20	21,72	22,23	20,92	22,96	23,12	23,08	23,14	20,90
BPar in mm	9,00	10,70	11,16	-	8,9	7,81	11,16	10,52* (N= 5)	11,08	11,64	9,12* (N= 9)
Tymh in mm	3,26	3,45	3,20	3,00	3,53	2,70	3,49	2,74	3,61	3,41	3,06
Tymv in mm	3,66	4,07	3,75	-	3,73	2,77	3,61	2,95* (N= 5)	3,76	3,62	3,15* (N= 9)
AugD in mm	8,57	9,61	9,03	9,00	8,94	7,84	9,03	8,30	8,11	8,41	8,58
Naslab in mm	4,60	4,93	5,05	4,40	4,67	3,89	4,61	4,64	4,75	4,50	4,48
NasAug in mm	4,72	5,24	4,65	-	4,42	4,18	5,42	4,60* (N= 5)	4,35	4,90	4,97* (N= 9)
TibL in mm	27,95	30,89	30,00	28,70	26,53	23,55	29,67	26,65	29,68	28,90	26,77
FußL in mm	46,55	49,55	37,56	43,60	45,60	37,56	46,82	42,61	46,73	47,53	43,50
L1.Zeh in mm	4,28	4,75	4,60	5,80	4,37	3,37	3,86	3,83	4,20	4,08	4,76
Intorb in mm	5,52	6,23	6,15	-	5,74	4,47	4,95	5,05* (N= 5)	5,40	5,48	4,47* (N= 9)
LFersh in mm	3,91	4,44	4,65	4,80	4,29	3,46	4,28	3,92	4,00	4,20	4,12
Masse in g	34,77	51,91	47,50	40,00	30,69	17,78	36,69	33,47	38,25	36,08	34,22

Tab. 5: Mittelwerte von 15 Meßstrecken, zwei Relativwerten und der Masse aller mittelasiatischen Populationen und der mitteleuropäischen Vergleichspopulation Halle.

2. Die übrigen Populationen mit einer Reihe morphologischer Ähnlichkeiten und mehr oder weniger ausgeprägter Differenzierung. Gemeinsam haben diese Populationen:

- Tendenz der Männchen zur geringeren Fleckung bis Einfarbigkeit des Rückens bei ausgeprägter, jedoch sehr unterschiedlicher Fleckung der Weibchen
- Tendenz zur Kleinfleckigkeit des Bauches (außer Issyk-Kul')
- ähnliche Werten für die Masse und die Intorb (man beachte jedoch die geringe Individuenzahl zu diesen Werten in der Population Nuratau)
- Ähnlichkeiten zwischen Populationen in einzelnen Parametern (s.u.)



Abb. 35 (oben): Paar tetraploider Grünkroten aus der Population Danata (terra typica von *Bufo danatensis* im engeren Sinne). Weibchen: KRL 61,8 mm, Masse 22,0 g. Männchen: KRL 54,7 mm, Masse 15,5 g. - Abb. 36 (unten): Paar tetraploider Grünkroten aus der Population Bol'soi Balchan. Weibchen KRL 82,5 mm, 75,5 g; Männchen KRL 73,2 mm, Masse 37,5 g.

Dabei nimmt die Population Bol'soj Balchan einen eigenständigen Platz ein (vgl. Tiere, Material und Methoden!; vgl. Abb. 36), mit:

- signifikanten Unterschieden zu den tetraploiden Populationen Nuratau und Issyk-Kul' für KRL, KL, KBr, Tymh, Tymv, AugD, TibL und FußL
- wenigen Ähnlichkeiten zur Population Nuratau (bei signifikanten Unterschieden zu Issyk-Kul') für LPar und L1.Z
- den größten vom Verfasser gefundenen Tetraploiden

Die Populationen Nuratau und Issyk-Kul' stehen einander morphologisch näher und sind gekennzeichnet durch:

- Ähnlichkeit untereinander in KRL, AugD, KBr, Naslab, NasAug, FußL und LFersh
- signifikante Unterschiede für KL, LPar, Tymh und L1.Z

(die wenigen Tiere aus Taschkent und Čatkal ordnen sich zwischen den Populationen Nuratau und Issyk-Kul' ein, indem sie zu beiden einige Ähnlichkeiten bzw. signifikante Unterschiede aufweisen).

B) Die diploiden (mittelasiatischen) Populationen erweisen sich als deutlich in zwei Gruppen unterteilbar:

1. Die Population NO-Iran mit:

- ausgeprägter Fleckung des Rückens in *beiden* Geschlechtern
- stets mehr als drei Streifen/Flecken auf den Vordergliedmaßen
- häufig großer Fleckung des Bauches
- gegenüber den anderen diploiden Populationen (Bami sowie Bacharden und Biškeke) signifikant verschiedenen (kleineren) Werten für fast alle Parameter (außer KBr und Tymh)
- geringerer KRL, dabei gegenüber den anderen diploiden Populationen kürzeren Parotiden, was sich in einem etwas geringeren Index „Relative Parotidenlänge“ ($LPar/KRL \cdot 100$) niederschlägt.

2. Die Population Bami (sowie die Tiere aus Bacharden und Biškeke) mit:

- Tendenz der Männchen zu geringer Fleckung bis Einfarbigkeit des Rückens bei ausgeprägter Fleckung der Weibchen
- oft weniger als drei Streifen/Flecken auf den Vordergliedmaßen
- oft klein- oder ungefleckter Bauchzeichnung, große Fleckung ist seltener
- gegenüber der Population NO-Iran signifikant verschiedenen (größeren) Werten für fast alle Parameter (außer KBr und Tymh)
- großer KRL, dabei gegenüber der Population NO-Iran deutlich längeren Parotiden, was sich in einem etwas größeren Index „Relative Parotidenlänge“ ($LPar/KRL \cdot 100$) äußert.

C) Die mitteleuropäische, diploide Population Halle fällt durch „zufällige“ Ähnlichkeiten und Unterschiede zu di- und tetraploiden mittelasiatischen Populationen auf und zeigt dadurch ihre Andersartigkeit. Hinsichtlich der diploiden mittelasiatischen Populationen steht sie der Population NO-Iran habituell und durch ihre in beiden Geschlechtern ausgeprägte Rückenfleckung sowie durch das Fehlen signifikanter Unterschiede für zahlreiche Parameter näher (s. auch Reklassifikation zweier Individuen aus NO-Iran in die Population Halle in Tab. 6) als der diploiden Population Bami.

ROTHS (1986) These (s. 1.2.), daß hohe Variabilität in Populationen die morphologischen Differenzen zwischen di- und tetraploiden Grünkröten z.T. überlagere, warf die Frage nach den Konsequenzen der morphologischen / morphometrischen Mannigfaltigkeit di- bzw. tetraploider Populationen für die Trennbarkeit der beiden Ploidiegrade auf. Um die relativ vielen Individuen und Parametern repräsentativ zu vergleichen, wurde eine indirekte Beweisführung angewandt: Eine Diskriminanzanalyse (s. 3.2.3.2) wurde mit dem Ziel durchgeführt, alle neun mittelasiatischen Populationen (sowie das Individuum aus Biškeke und die mitteleuropäische Population Halle) zu trennen. 15 Parameter wurden bei Standardisierung der Variablen (BÜHL & ZÖFEL, 1994) einbezogen (bei den Meßstrecken BPar, Tymv, Intorb und NasAug wurden die Fehlstellen durch Gruppenmittelwerte ersetzt, eine Überprüfung des Verfahrens lediglich mit vollständigen Datensätzen führte zu sehr ähnlichem Ergebnis).

Tabelle 6 zeigt das Ergebnis der Reklassifikation (auf die Wiedergabe der Diskriminanzfunktion, -koeffizienten usw. wird an dieser Stelle verzichtet, da sie im Zusammenhang mit der Argumentation unwesentlich sind).

Es ist leicht ersichtlich, daß von den in der linken Spalte angegebenen Individuen (N) in den meisten Fällen der Hauptteil in die ursprüngliche Population (diagonale Felder, grau unterlegt) reklassifiziert wurde. Daraus folgt zunächst, daß zwischen den Populationen morphologische Unterschiede bestehen, die sich quantitativ bewerten und zur Unterscheidung der Populationen nutzen lassen.

Darüber hinaus läßt sich jedoch feststellen, daß unter den in *andere* Populationen reklassifizierten Individuen *die meisten in Populationen des gleichen Ploidiegrades* umgeordnet

Population	Zahlen (und prozentuale Anteile) der in die einzelnen Populationen reklassifizierten Individuen										
	Bami (2n=22)	Bach- arden (2n=22)	NO-Iran (2n=22)	Biškek (2n=22)	Halle (2n=22)	Danata (4n=44)	B. Balchan (4n=44?)	Issyk- Kul' (4n=44)	Nuratau (4n=44)	Catkal (4n=44)	Taškent (4n=44)
Bami, N=23 (2n=22)	21 (91,3%)	1 (4,3%)	1 (4,3%)	-	-	-	-	-	-	-	-
Bacharden, N=2 (2n=22)	-	2 (100%)	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO-Iran, N=9 (2n=22)	1 (11,1%)	-	4 (44,4%)	-	2 (22,2%)	-	-	-	1 (11,1%)	-	1 (11,1%)
Biškek, N=1 (2n=22)	-	-	-	1 (100%)	-	-	-	-	-	-	-
Halle, N=13 (2n=22)	-	-	-	-	12 (92,3%)	-	1 (7,7%)	-	-	-	-
Danata, N=17 (4n=44)	-	-	-	-	-	15 (88,2%)	1 (5,9%)	-	1 (5,9%)	-	-
B. Balchan, N=18 (4n=44 ?)	-	-	-	-	-	-	17 (94,4%)	1 (5,6%)	-	-	-
Issyk-Kul', N=18 (4n=44)	-	-	-	-	-	1 (5,6%)	-	17 (94,4%)	-	-	-
Nuratau, N=42 (4n=44)	-	-	-	-	-	-	2 (4,8%)	-	39 (92,9%)	-	1 (2,4%)
Catkal, N=5 (4n=44)	-	-	-	-	1 (20%)	-	1 (20,0%)	1 (20%)	1 (20%)	1 (20%)	-
Taškent, N=6 (4n=44)	-	-	1 (16,7%)	-	-	1 (16,7%)	-	-	-	-	4 (66,7%)

Tab. 6: Reklassifikation di- und tetraploider mittelasiatischer (und diploider mitteleuropäischer) Grünkröten-Populationen nach einer Diskriminanzanalyse mit dem Ziel ihrer Trennung.

wurden. Im einzelnen wurden unter den mittelasiatischen Populationen 17 Individuen in andere mittelasiatische Populationen verlagert. Davon wurden lediglich drei (= 17 %; senkrechte Straffur in Tab. 6) einem anderen Ploidiegrad zugeordnet. Daraus läßt sich ableiten, daß sich die *Ploidiegrade untereinander morphologisch/morphometrisch meist ähnlicher* sind, *als Populationen unterschiedlichen Ploidiegrades*.

3.2.3. Multivariate Analysen zur Unterscheidung di- und tetraploider Grünkröten

Um morphologische Differenzen zwischen di- und tetraploiden Grünkröten (s.o.) als Merkmalskomplex zu erfassen, ist eine zusammenhängende Betrachtung aller Daten wichtig. Daher wurden multivariate Analysen angewandt.

3.2.3.1. Clusteranalysen

Zu Beginn erfolgte eine möglichst vorurteilsfreie statistische Bearbeitung, um festzustellen, wie morphometrisch erfaßbare Merkmale mit dem Ploidiegrad korrelieren. Dazu wurde eine Hierarchische Clusteranalyse nach der WARD-Methode durchgeführt (Quadrierte Euklidische Distanz als Distanzmaß; Parameter = Variablen: KRL, KL, KBr, LPar, BPar, Tymh, Tymv, AugD, Naslab, NasAug, TibL, FußL, L1.Zeh, Intorb, LFersh, Masse). Ziel der Clusteranalyse ist es, Gruppen mit möglichst ähnlicher Variablenausprägung auszuweisen (vgl. BÜHL & ZÖFEL, 1994). Zwei Ploidiegrade legten eine 2-Cluster-Lösung nahe. Die Variablen wurden standardisiert, um die z. T. bestehenden Unterschiede ihrer Größenordnungen auszugleichen (BÜHL & ZÖFEL, 1994). 35 diploide und 106 tetraploide Grünkröten beider Geschlechter wurden einbezogen. Für Fehlstellen (s. unter N = 59 in Tab. 4) bei den Parametern BPar, Tymv, NasAug und Intorb wurden jeweils die Mittelwerte der entsprechenden Population eingesetzt. Diese 2-Cluster-Lösung ordnete di- und tetraploide Grün-

	Zuordnung zu Cluster 1		Zuordnung zu Cluster 2	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidiegrad / N				
2n=22 / N = 35	29	82,86	6	17,14
4n=44 / N = 106	32	30,18	74	69,82

Tab. 7: Ergebnis einer 2-Cluster-Lösung, di- und tetraploide Grünkröten, beide Geschlechter.

	Zuordnung zu Cluster 1		Zuordnung zu Cluster 2	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidiegrad / N				
2n=22 / N = 31	29	93,54	2	6,45
4n=44 / N = 77	16	20,78	61	79,22

Tab. 8: Ergebnis einer 2-Cluster-Lösung, di- und tetraploide Grünkröten, nur Männchen.

	Reklassifikation in Gruppe 1 („diploide Grünkröten“)		Reklassifikation in Gruppe 2 („tetraploide Grünkröten“)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidiegrad / N				
2n=22 / N = 34	30	88,2	4	11,8
4n=44 / N = 59	1	1,7	58	98,3

Tab. 9: Diskriminationsresultat, di- und tetraploide Grünkröten, beide Geschlechter.

	Reklassifikation in Gruppe 1 („diploide Grünkröten“)		Reklassifikation in Gruppe 2 („tetraploide Grünkröten“)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidie / Population / N				
2n=22 / NO-Iran / N = 9	5	55,6	4	44,4
2n=22 / Bacharden / N = 2	2	100	0	0
2n=22 / Bami / N = 23	23	100	0	0
4n=44/B. Balchan / N= 18	0	0	18	100
4n=44 / Danata / N = 17	0	0	17	100
4n=44 / Nuratau / N = 4	0	0	4	100
4n=44 / Taschent / N = 6	0	0	6	100
4n=44 / Čatkal / N = 5	1	20	4	80
4n=44 / Issyk-Kul / N = 9	0	0	9	100

Tab. 10: Anteile der Populationen am Diskriminationsresultat von Tab. 9.

	Reklassifikation in Gruppe 1 („diploide Grünkröten“)		Reklassifikation in Gruppe 2 („tetraploide Grünkröten“)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidiegrad / N				
2n=22 / N = 34	31	91,2	3	8,8
4n=44 / N = 59	2	3,4	57	96,6

Tab. 11: Diskriminationsresultat bei ausschließlicher Berücksichtigung der Parameter LPar, BPar, Intorb, Tymh und L1.Z; di- und tetraploide Grünkröten, beide Geschlechter.

kröten mehrheitlich getrennten Clustern zu (s. Tab. 7; grau unterlegt) und bestätigte so die Existenz an den Ploidiegrad gebundener Parameter. Unter den „falsch“, d.h. nach morphometrischen Gesichtspunkten ins jeweils andere Cluster geordneten Individuen, sind Tiere einzelner Populationen unterschiedlich stark beteiligt, darunter auch solche Individuen, deren Ploidiegrad zweifelsfrei karyologisch oder mikrodensitometrisch (vgl. STÖCK & GROBE, 1997) bestimmt wurde. Dadurch wird einerseits unterstrichen, daß sich di- und tetraploide Grünkröten morphologisch und morphometrisch nahe stehen, wie schon die Betrachtung der Einzelparameter zeigte. Andererseits war der Einfluß des Geschlechtsdimorphismus bei multivariater Betrachtung noch zu prüfen.

Dazu wurde eine Clusteranalyse (gleiche Bedingungen; nur Männchen) durchgeführt, deren Ergebnis (s. Tab. 8) deutlicher ist als das in Tab. 7 für beide Geschlechter vorgestellte: 94 % der diploiden und 79 % der tetraploiden Grünkrötenmännchen wurden in getrennten Clustern untergebracht und zeigen so die Unterscheidbarkeit der Ploidiegrade. Bei Berücksichtigung beider Geschlechter bewirkt deren Dimorphismus offenbar eine teilweise Überlagerung der ploidiegradspezifischen morphologischen Merkmale, so daß die „korrekte“ Einteilung in zwei Cluster schwieriger wird. Die getrennte Betrachtung der Geschlechter erscheint daher vorteilhaft.

Eine entsprechend für die lediglich vier diploiden und 20 tetraploiden Weibchen durchgeführte Analyse führte zu keinem sinnvollen Ergebnis, was ohne Zweifel auf den zu geringen Stichprobenumfang v.a. diploider Weibchen zurückzuführen ist.

3.2.3.2. Diskriminanzanalysen

Clusteranalysen behandeln vorgegebene Variablen letztlich gleichwertig. Da sich verschiedene Parameter (= Variablen) zur Trennung prinzipiell unterscheidbarer Lebewesen unterschiedlich gut eignen, wurden bei Berücksichtigung verschiedener Parameterkombinationen Diskriminanzanalysen durchgeführt. Ziel ist es, innerhalb einer Diskriminanzfunktion nach der Formel

$$d = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + \dots + b_n \cdot x_n$$

die Koeffizienten b so zu ermitteln, daß die Werte der Diskriminanzfunktion beide Gruppen möglichst gut trennen (BÜHL & ZÖFEL, 1994), d.h. die Eignung der jeweiligen Parameter (= Variablen x) für die Ploidiegradunterscheidung quantitativ zu bewerten und dabei multivariat zu betrachten. Anders als bei den Clusteranalysen wurden die mittels Erythrozytenflächenmessungen, karyologischer Untersuchung und Mikrodensitometrie bestimmten Ploidiegrade (STÖCK, 1995; STÖCK & GROBE, 1997) vorgegeben.

Zuerst wurde eine Diskriminanzanalyse mit den (standardisierten) Variablen KRL, KL, KBr, LPar, Tymh, AugD, Naslab, TibL, FußL, L1.Zeh, LFersh und Masse durchgeführt. BPar, Tymv, NasAug und Intorb wurden wegen ihrer Fehlstellen zunächst weggelassen. 35 diploide und 106 tetraploide Grünkröten wurden einbezogen. Die unstandardisierten Diskriminanzkoeffizienten b wurden als Multiplikatoren der gegebenen Variablenwerte ermittelt. Mit dieser Diskriminanzfunktion wurden von 141 Grünkröten 77 % der diploiden und 96 % der tetraploiden Individuen nach morphologischen Parametern richtig reklassifiziert. Wegen der unbefriedigenden „Fehlerquote“ bei den diploiden Tieren wurden im nächsten Schritt BPar, Tymv, NasAug und Intorb einbezogen, um eine Diskriminanzfunktion mit besserer Trennfähigkeit zu errechnen. Es konnten nur die Individuen in die Analyse eingehen, wo die genannten Parameter erfaßt waren. Tab. 9 zeigt das Diskriminationsresultat; eine Trefferquote von 94,62 % bedeutet eine Verbesserung des Ergebnisses.

Besonders auffällig ist die Population NO-Iran (s. Tab. 10). Es ist zu vermuten, daß die kleineren Tiere dieser Population morphometrisch den kleineren Tetraploiden ähnlicher sind als die großen der Populationen Bami und Bacharden. Unter den vier neu hinzugezogenen Parametern verbessern einige die Trennfähigkeit einer Diskriminanzfunktion offenbar

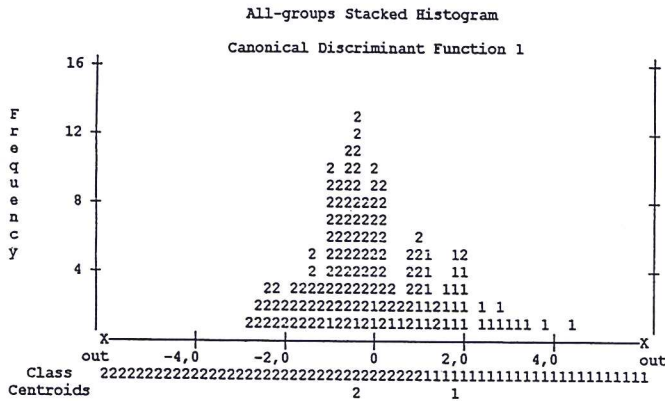


Abb. 37: Werte der - Tabellen 11 und 12 zugrunde liegenden - Diskriminanzfunktion aller Individuen in einem Histogramm (1 = diploide Individuen, 2 = tetraploide Individuen).

entscheidend. Um diese Bedeutung einzuschätzen und um eine optimale Merkmalsmenge unter den betrachteten Parametern zu suchen, wurde bei einer weiteren Diskriminanzanalyse (unter sonst gleichen Bedingungen) auf eine Reduktion der eingehenden Variablen hingewirkt.

Als optimale Merkmalsmenge wurden die Parameter LPar, BPar, Intorb, Tymh und L1.Z bestimmt. Es zeigt sich, daß damit bei der multivariaten Betrachtungsweise eine Meßstrecke (BPar) hohe Bedeutung erlangt, deren Mittelwertunterschied zwischen den beiden Ploidiegraden für sich betrachtet (s.o.) keine Signifikanz ($p < 0,4$) aufweist!

Der Mittelwert der Diskriminanzfunktion der Diploiden beträgt 2,11665; derjenige der Tetraploiden -1,21976. Bei einer entsprechenden Reklassifikation der 34 diploiden und 59 tetraploiden Grünkröten kam es bei einer Treffergenauigkeit von 94,62 % (s. Tab. 11) zum gleichen Ergebnis wie bei Berücksichtigung aller 16 Parameter. Tab. 12 zeigt in der dritten Spalte die (unstandardisierten) Diskriminanzkoeffizienten und macht eine Beispielrechnung für ein tetraploides Männchen aus der Population Danata nachvollziehbar.

Mit gerundeten Koeffizienten läßt sich dieses Beispiel wie folgt berechnen:

$$d = -8,58 + 13,6 \cdot 0,44 + 8 \cdot (-0,36) + 4,8 \cdot 1,07 + 2,8 \cdot (-0,77) + 3,4 \cdot 0,44 = -1,1$$

$$[\text{Konst.} + \text{LPar} \cdot 0,44 + \text{BPar} \cdot (-0,36) + \text{Intorb} \cdot 1,07 + \text{Tymh} \cdot (-0,77) + \text{L1.Z} \cdot 0,44]$$

Aus der Lage in der Nähe des Mittelwertes der Diskriminanzfunktion der Tetraploiden (-1,21; s. auch Abb. 37) kann man für dieses Beispielindividuum bereits erkennen, daß das Tier sich klar den Tetraploiden zuordnen läßt.

Die Zuordnung unbekannter Individuen, insbesondere im Bereich der Annäherung der Werte der Diskriminanzfunktion beider Ploidiegrade, erfordert jedoch eine praktikable Rechnung, die dem Anwender eine Prognose sicher erlaubt. Dafür wurden die „Klassifikationskoeffizienten von Fisher“ (vgl. KÄHLER, 1993: 357) ermittelt. Mittels der gerundeten Fisher-Koeffizienten (Tab. 13) läßt sich die Prognose vornehmen, indem ein unbekanntes Individuum „derjenigen Gruppe zugeordnet wird, deren Koeffizienten zum jeweils maximalen Wert führen“ (KÄHLER, 1993: 358).

Für ein diploides Individuum aus der Population Bami ergeben sich z.B. folgende Rechnungen:

a) Koeffizienten für Diploide:

$$-80,86 + 19,9 \cdot 3,15 + 11,2 \cdot (-2,33) + 6,0 \cdot 13,99 + 3,3 \cdot 0,55 + 4,8 \cdot 7,85 = 79,164$$

$$[\text{Konstante} + \text{LPar} \cdot 3,15 + \text{BPar} \cdot (-2,33) + \text{Intorb} \cdot 13,99 + \text{Tymh} \cdot 0,55 + \text{L1.Z} \cdot 7,85]$$

b) Koeffizienten für Tetraploide: $-50,2 + 19,9 \cdot 1,68 + 11,2 \cdot (-1,13) + 6,0 \cdot 10,42 + 3,3 \cdot 3,14 + 4,8 \cdot 6,4 = 74,178$

Das Tier ist somit als diploid einzuordnen, da hierfür der maximale Wert errechnet wurde.

Abschließend wurde wie bei den Diskriminanzanalysen versucht, durch Hinzufügen der Variablen Ery, die den Erythrozytenprojektionsflächen-Mittelwert von 30 bzw. 50 luftge-

Parameter- bezeichnung	Meßwerte des Individuums (in mm)	Unstandardisierter Diskriminanz- koeffizient b	Produkt aus unstandardisiertem Diskriminanzkoeffizienten und Meßwert
LPar	13,6	0,4408062	+5,9949643
BPar	8,0	-0,3576977	-2,8615816
Intorb	4,8	1,0689285	5,1308568
Tymh	2,8	-0,7768118	-2,1750708
L1.Z	3,4	0,436596	1,4844264
Konstante			-8,5747815
Σ			d = -1,0011864

Tab. 12: Rechenbeispiel für ein tetraploides, männliches Individuum aus der Population Danata.

Parameter- bezeichnung	Fisher's Klassifikations- koeffizienten für Diploide (gerundet)	Fisher's Klassifikations- koeffizienten für Tetraploide (gerundet)
LPar	3,15	1,68
BPar	-2,33	-1,13
Intorb	13,99	10,42
Tymh	0,55	3,14
L1.Z	7,85	6,40
Konstante	-80,86	-50,2

Tab. 13: Fisher's Klassifikationskoeffizienten.

	Reklassifikation in Gruppe 1 („diploide Grünkröten“)		Reklassifikation in Gruppe 2 („tetraploide Grünkröten“)	
	Anzahl	%	Anzahl	%
Ploidiegrad / N				
2n=22 / N = 34	34	100	0	0
4n=44 / N = 54	0	0	54	100

Tab. 14: Diskriminationsresultat bei Berücksichtigung aller 16 Parameter und des Erythrozytenflächen-Mittelwertes, di- und tetraploide Grünkröten, beide Geschlechter.

Parameter- bezeichnung	Fisher's Klassifikations- koeffizienten für Diploide (gerundet)	Fisher's Klassifikations- koeffizienten für Tetraploide (gerundet)
LPar	3,85	2,54
BPar	-1,81	-0,52
Intorb	13,3	9,58
Tymh	4,35	7,39
L1.Z	2,05	-0,33
Ery	0,42	0,51
Konstante	-139	-135,3

Tab. 15: Fisher's Klassifikationskoeffizienten bei Verwendung von fünf Parametern und der Variablen Ery.

trockneten Erythrozyten jedes Individuums in μm^2 bezeichnet (Stöck & Grobe, 1997) eine weitere Verbesserung der Trennung der beiden Ploidiegrade zu erreichen. 34 diploide und 54 tetraploide Individuen beider Geschlechter wurden einbezogen, wobei neben Ery alle 16 Parameter einbezogen wurden. Das Ergebnis zeigt Tab. 14. Eine 100%ige Trennung di- und tetraploider Grünkröten kann somit erzielt werden. Die Optimierung der Merkmalsmenge ergab den gleichen Variablensatz (LPar, BPar, Intorb, Tymh, L1.Z) wie bei der oben gezeigten Reduktion, wobei erwartungsgemäß die Variable Ery hinzugefügt wurde. Der Mittelwert der Diskriminanzfunktion der diploiden Grünkröten beträgt dabei 2,46485; derjenige der Tetraploiden -1,55194.

Eine Reklassifikation mit diesen Datensätzen ordnete lediglich ein tetraploides Tier (Population Čatkal) zur Gruppe der diploiden und bewies damit eine annähernd so exakte Trennfähigkeit wie bei Berücksichtigung des gesamten Satzes aus 16 Parametern. Tab. 15 gibt die für die Praxis gerundeten Klassifikationskoeffizienten nach Fisher wieder. Für den Erythrozytenflächen-Mittelwert wird bei einer Rechnung der Zahlenwert bei Verwendung der Einheit μm^2 angegeben.

4. Diskussion

4.1. Färbung und Mustertypen

Beim Vergleich der Rücken-Zeichnungsmuster di- und tetraploider mittelasiatischer (und zentralasiatischer) Grünkröten mit denen anderer Regionen läßt sich zunächst eine relative Homogenität bemerken: ein stark ausgeprägter Geschlechtsdimorphismus mit Tendenz zu teilweiser oder völliger Einfarbigkeit der Rückenzeichnung der Männchen bei unterschiedlicher Fleckung der Weibchen (PETERS, 1971; EISELT & SCHMIDTLER, 1973; PISANETS, 1977; HEMMER et al., 1978; MEYER, 1991). Dies grenzt asiatische Vertreter des *Bufo viridis*-Komplexes gegenüber europäischen Formen ab (BRAUER & ROTH, 1984). Andererseits sind mittelasiatische Grünkröten innerhalb dieses Rahmens durch hohe Zeichnungsvariabilität sowohl im Verbreitungsgebiet als auch innerhalb mancher Populationen gekennzeichnet. Da in vorliegender Arbeit nur adulte Individuen untersucht wurden, ist auszuschließen, daß diese Variabilität auf Änderungen der Musterung im Laufe der Ontogenese, wie sie für *Bufo viridis* nachgewiesen wurden (BRAUER, 1988), zurückzuführen ist. Ähnliche Mustervielfalt wie in Mittelasien zeigen diploide *Bufo viridis* auch in anderen Teilen des Areals – selbst in vergleichsweise kleinen Räumen. So kommen in Israel teilweise „extrem unterschiedliche Individuen am gleichen Ort“ vor (WERNER, 1988).

Wegen des o.g. Geschlechtsdimorphismus schlagen BRAUER & ROTH (1984) vor, sich bei entsprechenden Taxa auf eine Beschreibung des Weibchen-Musters für systematische Zwecke zu beschränken („und den Trend zur Einfarbigkeit der Männchen separat, als Ergebnis der klinalen Variabilität, zu erfassen“). Die Zahl insbesondere der diploiden Weibchen ($N = 4$) war jedoch in vorliegender Arbeit zu gering. Zudem ist die intrapopuläre Variabilität der Rückenzeichnung tetraploider Weibchen so ausgeprägt, daß ihre Nutzbarkeit zur Unterscheidung di- und tetraploider Grünkröten fraglich erscheint. Eine systematische Erfassung unterschiedlicher Mustertypen in Mittelasien, wie sie BRAUER & ROTH (1984) für *Bufo viridis* „im engeren Sinne“ versuchten, war im Rahmen der vorliegenden Arbeit nicht zu leisten. Sie bedarf einer großen (Weibchen-) Individuenzahl.

4.2. Individuenzahl bei den morphometrischen Untersuchungen

ROTH & RÁB (1987) halten für drei *Bufo v. viridis* -Populationen Mindestzahlen von je 8 bis 32 Individuen für notwendig, um morphometrische Parameter einer Population repräsentativ zu erfassen. Diese Arbeit wurde dem Verfasser erst nach der Erhebung der morpho-

metrischen Daten bekannt. Die wenigen Individuen aus Bacharden (N=2), Čatkal (N=5) und Taškent (N=6) erfüllen diesen Anspruch nicht. Als Repräsentanten des jeweiligen Ploidiegrades erweitern sie jedoch das Bild von der Variabilität di- bzw. tetraploider Grünkröten in Mittelasien und ihre Berücksichtigung beim Vergleich der Ploidiegrade in der vorliegenden Arbeit erscheint sinnvoll. Für einige der übrigen Populationen wären höhere Individuenzahlen wichtig gewesen. Die Tatsache, daß z. T. anhand weniger Individuen Beschreibungen von Species (ANDRÉN & NILSON, 1979: 7 Individuen) und Subspecies (MERTENS, 1971: 5 Individuen) erfolgten, kann dieses Defizit nicht entschuldigen.

4.3. Zur Einordnung der diploiden Populationen

Die Populationen Bami - und Bacharden - entsprechen mit hohen Werten für KRL und LPar, großer relativer Parotidenlänge und Sexualdimorphismus in der Zeichnung der diploiden Grünkrötenform, die als *Bufo viridis turanensis* beschrieben wurde (HEMMER et al., 1978). Für diese Diagnose spricht auch der Fundort im Westteil des in dieser Quelle vermuteten Areals. Zudem ist die Zahl der Streifen auf den Vordergliedmaßen offenbar oft kleiner als drei (jedoch nicht bei allen Tieren), was nach PISANETS & ŠČERBAK (1979) *B. viridis turanensis* von der Nominatform unterscheidet. Dies konnte nur anhand der z.T. wenig geeigneten Fotografien und weniger Terrarientiere überprüft werden.

Die Population NO-Iran zeigt als einzige in beiden Geschlechtern eine deutliche Rücken-Fleckung. Dies trennt diese westlichste hier untersuchte diploide Population neben zahlreichen morphometrischen Eigenheiten von den südöstlicheren diploiden Populationen Bami und Bacharden. Die Vordergliedmaßen mit stets mehr als je drei Flecken/Streifen weisen auf die Nähe der Population NO-Iran zu *B. v. viridis* hin (PISANETS & ŠČERBAK, 1979), von der sie sich jedoch durch größere relative Parotidenlänge unterscheidet. Alle Indizien sprechen deshalb für eine morphologische Eigenständigkeit der Population NO-Iran.

HEMMER et al. (1978) bearbeiteten bereits von EISELT & SCHMIDTLER (1973) untersuchte und von diesen zur „Transkaspischen Populationsgruppe“ gezählte Grünkröten aus dem Gebiet des Flusses Atrek bzw. der Stadt Gonbad-e-Kāvūs (also nahezu dem Lebensraum der Population NO-Iran). Sie ordneten die Tiere nicht *B. v. turanensis* zu, sondern „messen ihr eine vermittelnde (Zwischen)Stellung [von *B. v. turanensis*] zu den kaukasisch-aserbaidshianischen *B. viridis* cf. *viridis* zu“ (HEMMER et al., 1978: 379). Der Verfasser kann sich diesem Urteil nur anschließen. Auch die von PISANETS & ŠČERBAK (1979) vermutete Arealgrenze von *B. v. viridis* im Süden „über die Südinselfen des Kaspischen Meeres“ bzw. die Begrenzung des Areals von *B. v. turanensis* auf dem Territorium der (ehem.) UdSSR „durch den Kopet-Dag“ (ebenda) sprechen erheblich dafür, daß der nordöstliche Iran zwischen der Nominatform *B. v. viridis* und der Unterart *B. v. turanensis* eine Übergangszone darstellt, in welche die Population NO-Iran einzuordnen ist.

Der Verfasser hält für wahrscheinlich, daß sich diese Übergangszone vor allem klimatisch-ökologisch erklären läßt: Südkaspische Küste und N-Abhang des Elburz-Gebirges mit ihren, den warmtemperierten, transkaukasischen Wäldern (Kolchis) sehr ähnlichen Hykanischen Wäldern (WALTER & BRECKLE, 1991, Bd. 4: 240, 241) gehen nach Norden und Nordosten innerhalb von weniger als 50 km in die Ausläufer der Turanischen Halbwüsten- und Wüstengebiete über (eigene Beobachtung & ebenda: 242). Diese ökologische Übergangsregion bildet für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten eine Verbreitungsgrenze (vgl. FET, 1994: 202). Sowohl die Kaspische Küste mit ihren im Pleistozän klimatisch nur wenig beeinflußt Reliktwäldern (WALTER & BRECKLE, 1991, Bd. 4: 243) als auch die seit dem Miozän aride Turanische Niederung (ebenda, Bd. 3: 233) waren in der jüngeren Erdgeschichte durch sehr kontinuierliche Klimate gekennzeichnet. Es wird daher hier die Hypothese aufgestellt, daß unter den lange Zeit relativ konstanten Bedingungen zunächst verschiedene Ökotypen (vgl. ROTH, 1986) entstehen konnten, die später - möglicherweise - Subspecies-

Niveau erreicht haben und sich vorwiegend ökologisch ausschließen, da z.B. erste Befunde keine Unterschiede der Paarungsrufe zwischen den Populationen NO-Iran zu Bami bzw. Bacharden erkennen lassen (STÖCK, 1995, 1997).

An die Wüsten- und Halbwüstenklimate der gesamten Turanischen Niederung ist die **größere** Unterart *B. v. turanensis* (HEMMER et. al., 1978: „die größten Vertreter von *B. viridis* überhaupt“) angepaßt, während das Kaukasusgebiet (EISELT & SCHMIDTLER, 1973) und die südkaspische Küsten- und Gebirgsregion (N-Abhang des Elburz = „Hyrcania“) durch die **kleinere**, an warm-temperierte und feuchtere Klimate angepaßte, morphologisch den europäischen *B. v. viridis* näher stehende Form besiedelt wird. Das Vordringen mehrerer kaukasischer Reptilienarten durch den „Hyrcanischen Korridor“ bis zum Kopet Dag wurde von ATAËV et al. (1994) beschrieben.

Parallelen scheinen auch Beobachtungen von NEVO (1972) aufzuzeigen, der in Israel entlang eines sich von humid (880 mm) nach arid (100 mm Jahresniederschlag) verändernden Transekts erhebliche Massen- und Größenzunahme (KRL) bei diploiden *B. viridis* beobachtete und dies mit Verminderung der relativen Körperoberfläche als Verdunstungsschutz interpretiert. Ähnlich stellten TANDY et al. (1982) für tetraploide *B. asmarae* bei 500 mm Jahresniederschlag größere Kopf-Rumpf-Längen fest als bei ca. 1200 mm.

4.4. Zur Einordnung der tetraploiden Populationen

Die Population Nuratau stellt einen neuen Nachweis tetraploider Grünkröten dar (STÖCK, 1995). Untersuchungen im Nuratau an vermeintlichen „*Bufo viridis*“ (BOGDANOV, 1970) sind wenig detailliert und für morphologische Vergleiche ungeeignet.

Vom Issyk-Kul' sind faunistische und karyologische, aber nur begrenzt morphometrische Angaben verfügbar. Die Rückenmusterung (Männchen: Muster E, Weibchen: Muster A) und die relative Parotidenlänge (20,0; vgl. Tab.5) von vier Tieren (HEMMER et al., 1978) aus Prshewal'sk (einer Stadt am O-Ende des Issyk-Kul', heute: Karakol') liegt nahe bei den o.g. TOKTOSUNOV (1984) nennt für Tetraploide der Issyk-Kul'-Schlucht eine KRL von 6,66 cm ($\pm 0,07$ cm) - was beim hier gefundenen Wert (67,31 mm) liegt - die Masse von 25,12 g ($\pm 0,99$ g) erscheint als Mittelwert sehr niedrig; statistische Daten fehlen und die Exaktheit ist schwer zu beurteilen.

Die Populationen Nuratau und Issyk-Kul' (sowie die Tiere aus Čatkal und Taškent) zeigen einige ähnliche morphologische Charakteristika. Alle diese tetraploiden Grünkröten leben in oder nahe bei Gebirgen des Pamiro-Alaj- bzw. Tian-Shan-Gebirgssystems. Trotz der komplexen Gebirgsbedingungen, die infolge ihrer Isolationseffekte als Ursachen unabhängiger Entwicklung von Populationen und hoher interpopulärer Variabilität angesehen werden (ROTH, 1986), erscheint es sinnvoll, die tetraploiden Grünkröten dieser Region als „Tetraploide der Hochgebirge und ihrer Ausläufer“ zusammenzufassen, wie dies in ähnlicher Weise von PISANETS & ŠČERBAK (1979) bzw. ROTH (1986) vorgeschlagen wurde und wie dies biochemische Verwandtschaftsanalysen und resultierende Pheno- bzw. Cladogramme auf Basis genetischer Distanzen (MEŽŽERIN & PISANETS, 1995a, b), die dem Verfasser erst nach Abschluß der vorliegenden Untersuchung bekannt wurden, stützen. Ähnlichkeiten dieser Tetraploiden könnten neben ihrer nahen Verwandtschaft auch auf Ökomorphosen zurückgehen.

Die auffälligen Abweichungen der Population Danata in Zeichnung und morphometrischen Merkmalen von allen übrigen hier behandelten (di- und) tetraploiden Populationen zeigen, was PISANETS (1978) veranlaßte, diese Grünkröten näher zu untersuchen und nach Feststellung ihrer Tetraploidie als Art *B. danatensis* zu beschreiben. Die morphometrischen Angaben zu den Typuspräparaten stimmen nahezu mit den hier an lebenden Tieren gewonnenen Daten überein. Gleiches gilt für die Angaben von ATAËV (1987) von sieben lebend (?)

vermessenen Tieren aus Danata. PISANETS (1978) räumt trotz „bedeutender Eigenständigkeit der Kröten aus dem Churen Dag“ deren Ähnlichkeit mit Kröten aus S- und SO-Turkmenistan ein und erwähnt die Nähe zu *Bufo viridis oblongus* (sensu EISELT & SCHMIDTLER, 1973 = *Bufo oblongus* NIKOLSKY, 1896; d. Verf.) aus dem O-Iran. Jüngere biochemische Analysen (MEŽŽERIN & PISANETS, 1995b), unterstützen die Nähe zu S-turkmenischen Populationen und eine größere genetische Distanz zu Formen des Pamiro-Alaj-Systems.

Auf völlig andere Weise unterscheidet sich die Population Bol'soj Balchan von den übrigen tetraploiden Populationen (s. 3.2.2.). Dieses vom Verfasser entdeckte, nordwestlichste bekannte Vorkommen Tetraploider liegt am N-Hang des isolierten, gleichnamigen Höhenzuges im Nordwesten der Zentralen Karakum-Wüste.

Nach heutiger Kenntnis der Gesamtverbreitung (STÖCK, 1995 und in Vorb.) können sowohl Danata als auch Bol'soj Balchan als isolierte Vorposten-Populationen im Westen des Areals der tetraploiden Grünkröten angesehen werden. Es spricht somit vieles dafür, daß ihre morphologische Eigenständigkeit mit der geographischen Separation dieser Populationen vom Hauptverbreitungsgebiet der Tetraploiden in den südlichen und östlichen Gebirgen und Hochebenen zusammenhängt.

4.5. Vergleich mit di-/tetraploiden Anurenartenpaaren

Relativ geringen morphologischen bzw. morphometrischen Unterschieden begegnet man bei den meisten di-/tetraploiden Anuren-Artenpaaren (BOGART, 1980). So bestehen geringe Differenzen (CASH & BOGART, 1978) bzw. lediglich für Mittelwerte einiger morphologischer Merkmale feststellbare Unterschiede zwischen *Hyla chrysoscelis* und *H. versicolor* (RALIN, 1968; RALIN & SELANDER, 1979). Auch die südamerikanischen di-/tetraploiden *Odontophrynus americanus*-Arten sind morphologisch kaum (nicht) unterscheidbar (BOGART & WASSERMAN, 1972; BEÇAK & BEÇAK, 1974). BATISTIC et al. (1975) finden geringe morphologische Abweichungen zwischen di- und tetraploiden „Populationen“ (der *Phyllomedusa burmeisteri*-Gruppe (Hylidae; die tetraploide Form wurde später als *P. tetraploidea* POMBAL & HADDAD, 1992, beschrieben). BOGART & TANDY (1976) halten di- und tetraploide *Dicroglossus occipitalis* sowie di-/tetraploide *Pyxicephalus delalandii* (beide Ranidae) für morphologisch sehr ähnliche „cryptische“ Artenpaare. MAHONY & ROBINSON (1980) geben große Ähnlichkeit der Morphologie und Rückenzeichnung des diploiden *Neobatrachus centralis* mit dem reproduktiv isolierten, tetraploiden *N. sutor* an. TANDY et al. (1982) vermerken, daß die tetraploide *Bufo asmarae* hinsichtlich der „Körpermaße und ihrer Relativwerte, wenn überhaupt, dann nur wenige diagnostisch nutzbare Unterschiede zu den meisten eng verwandten [diploiden] Arten aufweist“ (Bei *B. asmarae* ist bislang unklar, welche Art(en) als nächste diploide Verwandte anzusehen ist/sind). Die vorliegenden Ergebnisse bestätigen die bekannte morphologische Ähnlichkeit di- und tetraploider mittelasiatischer Grünkröten und unterstreichen die offensichtliche Parallelität des Phänomens zu den genannten. Zugleich zeigen sie jedoch, daß eine

4.6. Unterscheidung beider Ploidiegrade mittels multivariater Verfahren

(z.B. Cluster- oder Diskriminanzanalysen) möglich ist. Hohe Variabilität im *B. viridis*-Komplex in und zwischen manchen Populationen (ROTH, 1986) ließ sich zwar bestätigen. Die hier untersuchten Tiere zeigten jedoch, daß sich di- und tetraploide untereinander jeweils ähnlicher sind als Individuen verschiedener Ploidiegrade.

Diskriminanzanalysen zur Trennung sonst schwer unterscheidbarer Lebewesen haben mit einfachem Zugang zu Rechentechnik an Bedeutung gewonnen (ERFURT & PIECHOCKI, 1986). Die Anwendung auf den *Bufo viridis*-Komplex ist insofern konsequent, da man es mit cryptischen Arten/Formen nach RALIN (1968) bzw. BOGART & WASSERMAN (1972) zu tun

hat, die sich in morphologischen Parametern (s.o.) so nahe stehen, daß die Herausarbeitung geringer Differenzen sehr zweckmäßig erscheint.

Da in die Diskriminanzfunktion(en) Daten von Kröten unterschiedlicher Regionen Mittelasiens eingegangen sind, wird auch die geographische Variabilität innerhalb der Ploidiegrade z.T. berücksichtigt. Es zeichnet sich ab, daß Unterschiede der als *B. viridis turanensis* angesprochenen, diploiden Form zu den tetraploiden Grünkröten mittels multivariater Verfahren klarer herauszuarbeiten sind als dies bei kleineren, *B. v. viridis* ähnlicheren Formen der Fall ist. Das Taxon „mit teilweise fraglichem Status“ (BRAUER & ROTH, 1984; vgl. ROTH, 1986) *B. v. asiomontanus*, das die Autoren (PISANETS & ŠČERBAK, 1979) morphologisch nicht von tetraploiden Kröten abgrenzen, ist in die vorliegenden Berechnungen nicht eingegangen. Es wäre wichtig, den Ploidiegrad zu prüfen und die morphologischen Merkmale der Form mit denen tetraploider Grünkröten zu vergleichen.

4.7. Überprüfung der Eignung der Diskriminanzfunktion und Prognosen

Die Eignung der zugrunde liegenden Diskriminanzfunktion (vgl. Tab. 11-13) wurde geprüft, indem Grünkröten bekannten Ploidiegrades anhand morphometrischer Angaben mittels der Klassifikationskoeffizienten von Fisher zugeordnet wurden. Fünf tetraploide Männchen aus der W-Mongolei (MEYER, 1991) wurden trotz des weit entfernten Herkunftsgebietes der Tiere problemlos identifiziert (STÖCK, 1995, Anh. II). Mittelwerte von Daten, die an drei Präparaten der Typuserie (MTKD D 11195, 11196, 11191) von *B. viridis turanensis* gemessen wurden, sprachen klar für diploid. Mittelwerte dreier tetraploider Männchen aus der W-Mongolei (ORLOVA & UTEŠEV, 1986) wurden in die o.g. Formeln eingesetzt. Für die nicht angegebene Intorb wurde der „Mittelwert von Intorb zwischen di- und tetraploiden Grünkröten“ errechnet $[(6,03 + 4,88) : 2 = 5,45]$ und als neutrale „Füllzahl“ eingesetzt, wie das ERFURT & PIECHOCKI (1986) für bei Diskriminanzanalysen fehlende Parameter vorschlagen. Der Wert Tymh mußte durch Tymv ersetzt werden; dies erscheint vertretbar, da innerhalb desselben Ploidiegrades Tymv meist größer als Tymh ist (s. Tab. 8) und so ein größerer Wert für Tymh eher zu den höheren Werten Diploider tendiert. Trotz des Parameterverlustes ergab sich eine Zuordnung zu den Tetraploiden. Grünkröten vom Jašil'-kul'-See im Pamir (TOJMASTOV, 1989), die TOJMASTOV ohne Nachweis für tetraploid hält [allerdings betonen MEŽŽERIN & PISANETS (1990) sowie PISANETS (1992a & b), daß die Kröten vom Jašil'-kul' tetraploid seien] wurden klar zu den Tetraploiden (STÖCK, 1995: Anh. II) geordnet. Mit Hilfe der Diskriminanzfunktion lassen sich auch Prognosen erstellen. So wurde für ein Weibchen von *Bufo kavirensis* ANDRÉN & NILSON, 1979 (Ploidiegrad unbekannt) ein knapp für diploide Grünkröten sprechendes Ergebnis errechnet, während die Mittelwerte von fünf Männchen ein knapp zu den Tetraploiden tendierendes Resultat ergaben. Dies könnte bedeuten, daß *Bufo kavirensis* bezüglich der fünf Merkmale eine eigenständige Form ist. Eine Überprüfung des Ploidiegrades ist auch hier von besonderem Interesse, wobei der Paarungsruf (vgl. STÖCK, 1997) nicht für eine Zugehörigkeit zu den tetraploiden Grünkröten spricht.

Die Anwendung multivariater Methoden auf den *Bufo viridis*-Komplex erfordert, sich vor einer „Gläubigkeit an Mathematizismen“ zu schützen und die Verfahren in kritischer Verbindung mit anderen systematischen Methoden anzuwenden; mit ERNST MAYR (1975: 191): „Einige Benutzer der EDV haben den Eindruck erweckt, als sei eigenes Denken und eigene (...) Vorstellung überflüssig, sofern man nur die Dinge dem Computer anvertraue. Natürlich ist nichts unzutreffender als dies.“

Dank

Ich danke Dr. W.-R. GROBE, Halle, und Dr. R. GÜNTHER, Berlin, für Literatur- und kritische Hinweise. Bei der Ploidiegradbestimmung halfen mir Prof. Dr. M. SCHMID und C. STEIN-

LEIN, Würzburg, E. TRAUTMANN und T. KLAPPERSTÜCK, Halle. Bei der statistischen Bearbeitung des Materials unterstützte mich ausführlich I. HAUFE, Halle. Präparate stellten mir freundlicherweise Dr. U. FRITZ, Dresden, und F. MEYER, Halle, zur Verfügung. Bei Reisen und Felduntersuchungen begleiteten bzw. unterstützten mich: ANJA BUCHOWSKI, KERSTIN HOLLÄNDER, CHRISTINE QUEITSCH, MARTIN BIEDERMANN, ARMIN BISCHOFF, URS JÄGER, STEFAN MICHEL, HEINER NAGEL, Halle, HOLGER LÖBNER, Berlin, NATALYA YU. BESHKO, Uzbekistan, Yangikishlak und REZAR ZEEYAMUSAVI, Iran, Gorgan. Allen sei hiermit herzlich gedankt.

Literatur

- ANDRÉN, C. & NILSON, G. (1979): A New Species of Toad (Amphibia, Anura, Bufonidae) from the Kavir Desert, Iran. - J. Herpetol., **13** (1): 93-100.
- ATAEV, E. A. (1987): K ekologii danatinskih žaby na Kjurendage. - Izvestija akademii nauk turkmenskoy SSR. Serija biologičeskich nauk, **3**: 67-69.
- ATAEV, CH.; RUSTAMOV, A. K.; SHAMMAKOV, S. (1994): Reptiles of Kopetdag. In: FET, V. & ATAMURADOV (Hrsg.): Biogeography and Ecology of Turkmenistan: 329-350. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers.
- BACHMANN, K.; KONRAD, A.; OELDOF, E. & HEMMER, H. (1978): Genome Size in the green toad (*Bufo viridis*) group. - Experientia, **34**: 331-332.
- BATISTIC, R. F., SOMA, M., BEČAK, M. L. & BEČAK, W. (1975): Further studies on polyploid Amphibians. A diploid population of *Phyllomedusa burmeisteri*. - J. Heredity, **66**: 160-162.
- BEČAK, W., BEČAK, M. L. (1974): Studies on polyploid amphibians - karyotype evolution and phylogeny of the genus *Odontophrynus*. - J. Herpetol., **8**: 337-341.
- BEDRIAGA, J. v. (1898): Amphibien und Reptilien. - In: Wiss. Res. der von N. M. PRZEWALSKI nach Central-Asien unternommenen Reisen (Zool.). St. Petersburg, vol. 3, pars 1, 69 pp.
- BOGART, J. (1980): Evolutionary Significance of Polyploidy in Amphibians and Reptiles. - In: LEWIS, W. H. (ed.), Polyploidy, Biological Relevance. New York, London, Basic Life Sci.: 341-378.
- BOGART, J. P. & TANDY, M. (1976): Polyploid amphibians: three more diploid-tetraploid cryptic species pairs of frogs. - Science, **193**: 334-335.
- BOGART, J. P. & WASSERMAN, A. O. (1972): Diploid-polyploid cryptic species pairs: a possible clue to evolution by polyploidization in anuran amphibians. - Cytogenet., **11**: 7-24.
- BOGDANOV, O. P. (1970): Zemnovodnye. - In: SULTANOV, T. S. (Hrsg.): Ekologija pozvo-nočnych životnich chrebita Nuratau. Taškent, Akademija nauk uzbekskoj SSR.
- BORKIN, L. JA. (1989): Über den Fund einer albinotischen Kaulquappe der tetraploiden Krö-tenart *Bufo danatensis* PISANETZ 1978 aus dem Issyk-Kul'-See, Kirgisien. - Sala-mandra, **25**: 122-124.
- BORKIN, L. JA.; TERBIŠ, CH. & CAUNE, I. A. (1986a): Tetraploidnaja i diploidnye populjacji žab gruppy *Bufo viridis* iz Mongolii. - Doklady Akademii Nauk SSSR, **287** (3): 760-764.
- BORKIN, L. JA.; CAUNE, I. A.; PISANETS, E. M. & ROZANOV, Y. M. (1986b): Karyotype and Genome Size in the *Bufo viridis*-Group. - In: ROČEK, Z. (ed.): Studies in Herpetology, Prague. Proceed. Ord. General. Meet. Societ. Europ. Herpetol.: 137-141.
- BOULENGER, G. A., 1882): Catalogue of the Batrachia Salientia in the Collection of the British Museum. - London, 2nd Ed.
- BRAUER, K. & ROTH, P. (1984): Zur Variabilität des Zeichnungsmusters von *Bufo viridis* LAURENTUS, 1768 (Amphibia, Salientia, Bufonidae). - Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dres-den, **39** (11): 141-158.
- BRAUER, K. (1988): Zum Zeichnungsmuster juveniler und adulter *Bufo viridis* LAURENTI, 1768 (Anura: Bufonidae). - Salamandra, **24** (4): 314-315.
- BÜHL, A. & ZÖFEL, P. (1994): SPSS für Windows Version 6. 1. Aufl. Bonn, Paris, Addison-Wesley.
- CASH, M. N. & BOGART, J. P. (1978): Cytological Differentiation of the Diploid-Tetraploid Species Pair of North American Treefrogs (Amphibia, Anura, Hylidae). - J. Herpe-tol., **12**: 555-558.
- DESSAUER, H. C.; NEVO, E. & CHUANG, K.-CH. (1975): High Genetic Variability in an Eco-logically Variable Vertebrate, *Bufo viridis*. - Biochem. Genetics, **13**: 651-661.
- DUELLMAN, W. & TRUEB, L. (1994): Biology of Amphibians. - Baltimore, London. The John Hopkins University Press. 2nd Ed.: 1-670.
- EISELT, J. & SCHMIDTLER, J. F. (1973): Froschlurche aus dem Iran unter Berücksichtigung außeriranischer Populationsgruppen. - Ann. Naturhistor. Mus. Wien, **77**: 181-243.

- ERFURT, J. & PIECHOCKI, R. (1986): Möglichkeiten der Erfassung des Geschlechtsdimorphismus am Beckenskelett von *Castor fiber albicus*. - Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dresden, **41** (2): 143-163.
- FET, V. (1994): Biogeographic position of Khorassan-Kopetdagh. In: FET, V. & ATAMURADOV (Hrsg.): Biogeography and Ecology of Turkmenistan: 197-203. Dordrecht, Boston, London, Kluwer Academic Publishers.
- GOLUBEV, M. L. (1990): New records of amphibians and reptiles in Kazakhstan (USSR). - Vestnik Zoologii, **9**: 76-78. Kiev. (Russ.)
- HEMMER, H.; SCHMIDTLER, J. F. & BÖHME, W. (1978): Zur Systematik zentralasiatischer Grünkroten (*Bufo viridis* - Komplex) (Amphibia, Salientia, Bufonidae). - Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dresden, **34** (24): 349-384.
- KÄHLER, W.-M. (1993): Statistische Datenanalyse mit SPSS/PC+; Version 5.0. Braunschweig, Wiesbaden, 3. Aufl. Vieweg.
- KARAKOUSIS, Y. & KYRIAKOPOULOU-SKLAVOUNOU, P. (1995): Genetic and morphological Differentiation among populations of the Green Toad *Bufo viridis* from Northern Greece. - Biochem. Syst. Ecol., **23**: 39-45.
- KAWAMURA, T. (1984): Polyploidy in Amphibians. - Zoological Science, **1**: 1-15.
- KAŠČENKO, N. F. (1909): Gady, sobrannye sredneaziatskimi ekspeditsiami prof. V. V. SAPOŽNIKOVA v 1902-1906 i 1908 gg. - Ežegodnik Zoologičeskogo Muzeja imp., Bd. **14**: 119-130.
- KING, M. (1990): Amphibia. - In: JOHN, B., KAYANO, H. & LEVAN, A. (Hrsg.): Animal Cytogenetics. Vol. 4: Chordata 2. Berlin, Stuttgart, Gebrüder Borntraeger.
- KUDRJAVCEV, B. N., NI, V. V., BORKIN, L. JA. & SOLOV'JEVA, L. V. (1988): Soderžanie RNK i belka v kletkach diploidnyh i tetraploidnyh žab grupy *Bufo viridis*. - Citologija, **11**: 1324-1331.
- KUZMIN, S. L. (1995): Die Amphibien Rußlands und angrenzender Gebiete. - Magdeburg, Westarp Wissenschaften. Die Neue Brehm-Bücherei. 1-275.
- KUZMIN, S. L., BORKIN, L. JA., MUNCHBAJAR, KH. et al. (1988): Amphibians and Reptiles of Mongolian Peoples Republic. 1-248. Nauka. Moskva. (auf Russisch).
- MAHONY, M. J. & ROBINSON, E. S. (1980): Polyploidy in the Australian Leptodactylid Frog Genus *Neobatrachus*. - Chromosoma (Berl.), **81**: 199-212.
- MAYR, E. (1975): Grundlagen der Zoologischen Systematik. Hamburg, Berlin, P. Parey.
- MAZIK, E. JU.; KADYROVA, B. K. & TOKOTOSUNOV, A. T. (1976): Osobennosti kariotipa zelenoi žaby (*Bufo viridis*) v Kirgizii. - Zool. Žurnal, **55**: 1740-1742.
- MERTENS, R. (1971): Die Amphibien und Reptilien West-Pakistans. 2. Nachtrag. - Senckenbergiana biologica, **52** (1-2): 7-15.
- MEYER, F. (1991): Beobachtungen an *Bufo danatensis* (PISANETS 1978) in der Mongolei (Amphibia, Anura: Bufonidae). - Zool. Abh. Mus. Tierkd. Dresden, **46** (10): 157-164.
- MEŽŽERIN, S. V. & PISANETS, E. M. (1990): Genetičeskaja struktura i proischoždenie aziatskich poliploidnyh žab *Bufo danatensis* Pisanets, 1978. - Doklady Akad. Nauk Ukrainskoj SSR, Ser. B, Geol., chim. i biolog. Nauki, **3** (8): 71-73.
- MEŽŽERIN, S. V. & PISANETS, E. M. (1995a): Genetic structure and origin of the tetraploid toad *Bufo danatensis* PISANETS, 1978 (Amphibia, Bufonidae) from Central Asia: Description of biochemical polymorphism and comparison of heterozygosity levels in diploid and tetraploid species. - Genetica, **31** (1): 43-53. (auf Russisch).
- MEŽŽERIN, S. V. & PISANETS, E. M. (1995b): Genetic structure and origin of the tetraploid toad *Bufo danatensis* PISANETS, 1978 (Amphibia, Bufonidae) from Central Asia: Differentiation of geographic forms and genetic relationship between diploid and tetraploid species. - Genetica, **31** (3): 342-352. (auf Russisch).
- MOCQUARD, F. (1910): Voyage de M. le Dr. LOUIS VILLANT dans l'Asie centrale (Mission PELLIOT). - Bull. Mus. Hist. Paris, **16**: 145-153.
- NEVO, E. (1972): Climatic adaption in size of the green toad (*Bufo viridis*). - Israel J. Med. Sci., **8**: 1010.
- NIKOLSKY, A. M. (1896): Diagnoses reptilium et amphibiorum in Persia orientali a N. ZARUDNY collectorum. - Ann. Mus. Zool., St. Petersburg, **1**: 369-372.
- NIKOLSKY, A. M. (1897): Presmykajuščiesja, amfibii i ryby, sobrannija N. ZARUDNYM" v' vo-stočnoj Persii. - Ann. Mus. Zool., St. Petersburg, **2**: 306-361.
- NÖLLERT, A. & NÖLLERT, C. (1992): Die Amphibien Europas. Stuttgart, Franckh-Kosmos.
- ORLOVA, V. F. & UTEŠEV, V. K. (1986): The tetraploid toad of the *Bufo viridis* group from Dzungarian Gobi, Mongolia. - In: Roček, Z. (ed.): Studies in Herpetology, Prague. Proceed. Ord. General. Meet. Societ. Europ. Herpetol.: 137-141.
- PETERS, G. (1971): Materialien zur Ökologie und Verbreitung der Amphibien in der Mongolei. - Mitt. Zool. Mus. Berlin, **47** (2): 315-348.
- PISANETS, E. M. (1978): O novom poliploidnom vide žab *Bufo danatensis* PISANETS sp. n. iz Turkmenii. - Doklady Akad. Nauk Ukrainskoj SSR, Ser. B, Geol., chim. i biolog. Nauki: 280-284.

- PISANETS, E. M. (1987): Različija v kladke ikprij zelenoj i danatinskoj žab. - Vestnik Zoolo-gii, 6: 80-81.
- PISANETS, E. M. (1991): Novye dannye po kariologii *Bufo viridis* - Complex (Amphibia, Bu-fonidae) i voprosy proischozdenija aziatskich tetraploidnyh žab. - Herpetol. Resear-ches, 1: 41-50. Leningrad.
- PISANETS, E. M. (1992a): Evidence of hybridization between di- and tetraploid toads (*Bufo viridis* - complex) from Eurasia (Anura: Bufonidae). - In: KORSÓS, Z. & KISS, I. (eds.), Proceed. 6th Ord. General. Meet. Societ. Europ. Herpetol., Budapest: 357-360.
- PISANETS, E. M. (1992b): Poliploidija i otklonenija v morfologii gonad u tetraploidnyh žab *Bufo danatensis* (Amphibia: Anura: Bufonidae). - Citologija i genetika, 26: 35-39.
- PISANETS, E. M. & ŠČERBAK, N. N. (1979): Sistematika zelenych žab (Amphibia, Anura) fauny SSSR. - Vestnik Zoologii, 4: 11-16.
- POMBLAR-JR., J. P. & HADDAD, C. F. B. (1992): Espécies de *Phyllomedusa* do grupo *burmei-steri* do Brasil oriental, com descrição de uma espécie nova (Amphibia, Hylidae). - Rev. Brasil. Biol., 52 (2): 217-229.
- RALIN, D. B. (1968): Ecological and reproductive differentiation in the cryptic species of the *Hyla versicolor* complex (Hylidae). - Southwestern Naturalist, 13: 595-608.
- RALIN, D. B. & R. F. SELANDER (1979): Evolutionary genetics of diploid-tetraploid species of treefrogs of the genus *Hyla*. - Evolution, 33 (2): 595-608.
- ROTH, P. (1986): An Overview of the Systematics of the *Bufo viridis* Group in Middle and Central Asia. - In: ROČEK, Z. (ed.): Studies in Herpetology, Prague. Proceed. Ord. General. Meet. Societ. Europ. Herpetol.: 127-130.
- ROTH, P. & RÁB, P. (1986): Karyotype Analysis of the *Bufo viridis*-Group: Systematic impli-cations. - In: ROČEK, Z. (ed.): Studies in Herpetology, Prague. Proceed. Ord. Gene-ral. Meet. Societ. Europ. Herpetol.: 131-136.
- ROTH, P. & RÁB, P. (1987): Estimation of minimum sample size in the morphometrics of *Bufo viridis* (Amphibia: Anura). - Folia Zoologica, 36 (1): 27-34.
- SCHMID, M. (1980): Chromosome Evolution in Amphibia. - In: MÜLLER, H. (Hrsg.): Cytoge-netics of Vertebrates: 4-27. Basel, Boston, Stuttgart, Birkhäuser.
- SCHMID, M.; HAAF, T. & W. SCHEMPF (1985): Chromosome Banding in Amphibia. IX. The polyploid karyotypes of *Odontophrynus americanus* and *Ceratophrys ornata* (Anura, Leptodactylidae). - Chromosoma (Berlin), 91: 172-184.
- STÖCK, M. (1995): Morphologische, ethologische und cytologische Untersuchungen zum ta-xonomischen Status di- und tetraploider Grünkröten (*Bufo viridis*-Komplex) in Mit-telasiens. Diplomarbeit, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg: 1-107.
- STÖCK, M. (1997): Mating call differences between diploid and tetraploid green toads (*Bufo viridis*-complex) in Middle Asia. - Amphibia-Reptilia (i. Dr.).
- STÖCK, M. & GROBE, W.-R. (1997): Erythrocyte size and ploidy determination in green toads (*Bufo viridis*-complex) from Middle Asia. - Alytes (Paris), 15 (2): 1-19.
- TOJMASTOV, S. S. (1989): Osobennosti morfologii žab iz okrestnostej oz. Jašil'kul' na Pamire. - Izvestija Akademii Nauk Tadžikskoj SSR, otdelenie biologičeskich nauk, 4 (117): 43-48.
- TOKTOSUNOV, A. T. (1984): Ecological basis of altitude adaption of the vertebrates of Tian-Shan. - Nauka Publ. House. Leningrad. (auf Russisch).
- WALTER, H. & BRECKLE, S.-W. (1991): Ökologie der Erde. Bd. 1-4. Stuttgart, G. Fischer.
- WERNER, Y. L. (1988): Four modes of lightening of coloration in desert populations of the Green Toad, *Bufo viridis*. - Zoology in the Middle East, 2: 68-71. Heidelberg.
- WHU MIN & ZHAO YAJIANG (1987): A preliminary study of the Karyotype of *Bufo viridis* LAU-RENTI in Xinjiang. - Zool. Research, Kunming, 8 (4): 339-342.

(Bei der Redaktion eingegangen am 26. II. 1997)