

STUDIEN AM WASSERFROSCH - *Rana perezi* (SEOANE, 1885)- DER BALEAREN (Amphibia, Anura, Ranidae)¹

HELMUT HEMMER² und BEATE KADEL³

ZUSAMMENFASSUG. Der Wasserfrosch der Balearen gehört morphologischen und serologischen Befunden zufolge der iberischen Art *Rana perezi* an; die früher übliche Zuordnung dieser Form zu *Rana ridibunda* ist nicht mehr aufrecht zu erhalten. Die Identität im Plasmaproteinmuster mit festländischen Populationen lässt die Hypothese miozäner Landbrückenbesiedlung der Balearen ablehnen. Sie verweist demgegenüber auf anthropogene Besiedlung. Auf Mallorca zeigt sich *Rana perezi* mit der Besetzung künstlicher Bewässerungsbassins als ausgesprochener Kulturfolger. Die Frösche tolerieren hier noch einen Salinitätsgrad von über 1‰ und sind als Bioindikator für fortschreitende Grundwasserversalzung nutzbar. Die Bildung von Bassin-Mikropopulationen begünstigt Gendrifteffekte.

SUMMARY. The water frog of the Balearic Islands belongs to the Iberian species *Rana perezi*, as shown by morphological and serological results. The formerly usual attachment of this form to *Rana ridibunda* cannot be maintained. The plasma protein pattern identity compared with Iberian and French samples allows to reject the hypothesis of miocene frog invasion of the Balearic Islands over a land connexion. It points rather to an anthropogenic dispersal. The frogs settle in the artificial irrigation works and tolerate in these basins a salinity of more than 1‰. They may be used as a bioindicator for the progressive salinity of the underground water in the coastal irrigation areas. The constitution of basin frog micropopulations favours genetic drift effects.

RESÚM. La granota de les illes Balears pertany a l'espècie ibèrica *Rana perezi*, segons ens mostren els resultats dels estudis morfològics i serològics. L'atribució primàriament usual d'aquesta forma a *Rana ridibunda* no pot ésser mantenguda. La identitat del registre de proteïnes plasmàtiques comparat amb el de mostres ibèriques i franceses ens permet rebutjar la hipòtesi d'una invasió miocènica de les Balears per les granotes a través d'una connexió terrestre. Més aviat apunta una dispersió antropogènica. Les granotes es troben a les síquies i safarejos, i hi toleren una salinitat de més del 1‰. Es poden fer servir com a bioindicadors de la progressiva salinitat de les aigües subterrànies en les àrees d'irrigació costera. La constitució de micropoblacions de granotes a les diferents conques afavoreix els efectes de la deriva genètica.

¹ Mit Unterstützung der Deutschen Forschungsgemeinschaft (He 1161/1).

² Institut für Zoologie, Johannes - Gutenberg - Universität, Saarstrasse 21, D-6500 Mainz.

³ Andreas - Hofer - Strasse 8, D-6780 Pirmasens 19.

EINLEITUNG

Bei der Entstehung von Inselfaunen können bei nicht flugfähigen und nicht wind-verdriftbaren Arten Besiedlung über ursprüngliche Landbrücken, Verdriftung, Verschleppung durch andere (flugfähige) Tiere und schliesslich Verschleppung und Einführung durch den Menschen mitwirken. Nur wenige Formengruppen ermöglichen allerdings eine klare Entscheidung zwischen autochthoner, über Landbrücken entstandener, und anthropogener Besiedlung nicht unmittelbar küstennaher Inseln, da ihnen jegliche marine Verdriftungsfähigkeit abgeht und eine Verschleppbarkeit durch Vögel über entsprechend grosse Entfernungen äusserst unwahrscheinlich erscheint. Zu solchen mehr oder minder idealen Herkunftsindikatoren gehören ständig wasserbewohnende oder am Boden lebende Amphibien. Nur für baumbewohnende Arten mag eine Verdriftung über schwimmende Bauminseln nicht ganz auszuschliessen sein. Selbst an oligohaline Zonen adaptierte Amphibien tolerieren euhalines Meerwasser (30 - 40‰ Salzgehalt) nicht (z. B. GORDON 1965, GORDON & TUCKER, 1968, RUBAL, 1962).

Zur Klärung der hoch komplexen Faunengeschichte der Balearen mögen daher die wenigen Amphibienarten dieser Inselgruppe einen wesentlichen Beitrag liefern können. Von den bisher vorliegenden reinen Artbestimmungen her (z. B. BOETTGER 1881, COLOM 1957, VIDAL 1966) ist eine eindeutige Zuordnung zu entweder jungtertiärer Landbrückenbesiedlung oder holozäner anthropogener Besiedlung allerdings nicht möglich, reicht doch die Arttrennung bei europäischen Wasserfröschen (*esculenta*-Komplex der Gattung *Rana*) und bei europäischen Kröten (*Bufo bufo*, *B. calamita*, *B. viridis*) bis zumindest in das Miozän zurück (UZZELL 1978, MAXSON, im Druck). Der Fossilbefund hilft ebenfalls nicht weiter, da die rezenten Genera *Rana* und *Hyla* pliozän/pleistozän auf den Balearen zwar nicht nachgewiesen sind, ihre Anwesenheit in dieser Zeit infolge der Zufälligkeit der fossilen Überlieferung damit aber nicht ausgeschlossen ist, und ein von SANCHIZ (1977) als pleistozän eingestufteter *Bufo viridis*-Fund tatsächlich aus einer pleistozän-holozänen Mischaufsammlung stammt (ALCOVER, schriftl. Mitt.).

Zur Lösung des Problems wurden nun bei einem Aufenthalt auf Mallorca Anfang April 1980 zunächst der Wasserfrosch und die Wechselkröte der Balearen studiert.⁴ Die Befunde für die erstgenannte Art sollen hier vorgelegt werden.

⁴ Für ihre Hilfe zum Auffinden spezieller Laichplätze und die Diskussion der derzeitigen Situation der Amphibienfauna der Balearen danken die Verfasser den Herren J. A. Alcover (Ciutat de Mallorca) und J. Muntaner (C'an Pastilla). Spezieller Dank gilt Herrn A. G. Cantallops für seine unermüdliche Hilfe bei der Herstellung von Kontakten mit Behörden und mit der Landbevölkerung.

MATERIAL UND METHODEN

Frösche konnten an zahlreichen Stellen auf Mallorca nachgewiesen werden (Abb. 1). An einigen Plätzen wurden Tonbandaufnahmen der Paarungsrufe zur späteren Auswertung gemacht. Aus einem Bewässerungsbassin in Sant Jordi (Abb. 1, Fundort 2) wurde eine Stichprobe von 16 metamorphosierten Fröschen verschiedener Altersstufen und von 43 Larven gesammelt. Einzelstücke zum morphologischen und biochemischen Vergleich wurden einem Bassin bei S'Arenal (1), einem Tümpel östlich Villafranca de Bon Any (1) und dem Mündungsbereich des Torrente Sañ Jordi (3) entnommen (Abb. 1, Fundorte 3, 5, 4). Morphologisch vergleichend betrachtet wurden 18 konservierte Frösche aus

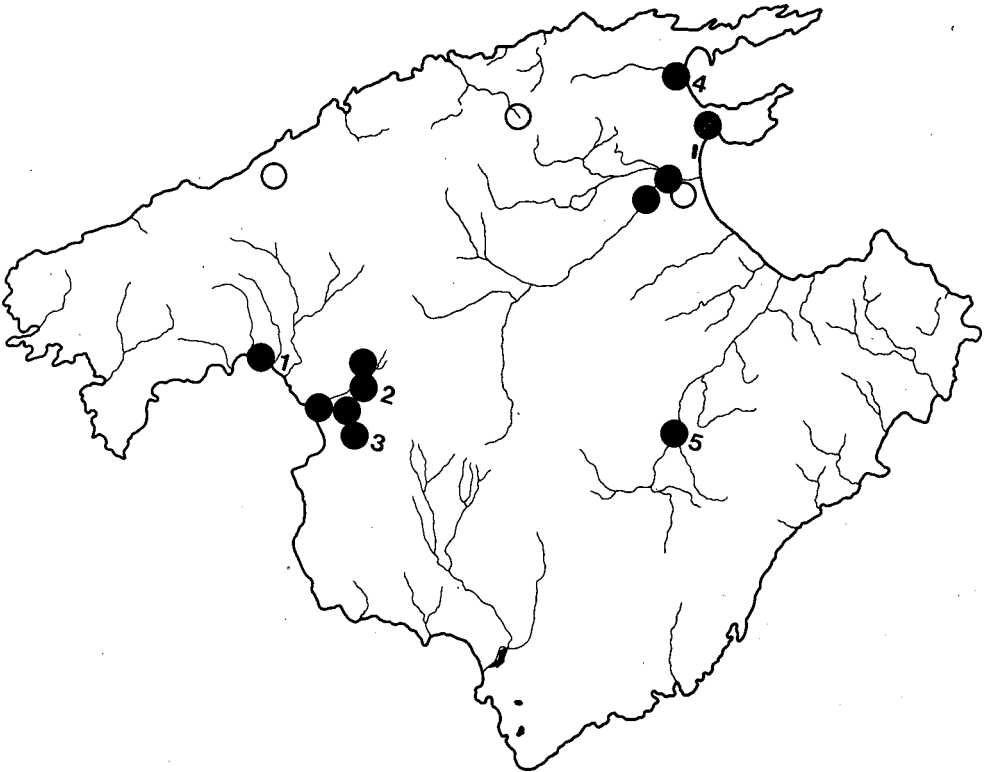


ABB. 1

Nachweise von Wasserfröschen auf Mallorca durch die Verfasser = ● (ein solcher Punkt kann mehrere benachbarte Fundstellen beinhalten). Fundorte 2, 3, 4, 5: Belegstücke und serologische Bestimmungen; Fundorte 1, 2, 3: Tonbandaufnahmen von Paarungs- und Revierrufen. o = Fundorte von Vergleichsstücken aus dem Museum Koenig, Bonn.

S'Albufera, Lluç und Valldemossa aus den Jahren 1917 - 1921 und ein Tier unbekanntes mallorkinischen Fundortes (1956), jeweils aus der Sammlung des Zoologischen Forschungsinstituts und Museums Alexander Koenig, Bonn (ZFMK 24205-211, 24212-17, 24218-21, 24222), sowie 3 Individuen aus Eivissa (Ibiza) aus der Sammlung des Senckenberg-Museums Frankfurt/M. (SMF 54729-31).

Neben der Erfassung verschiedener ökologischer Parameter und dem Studium klassischer morphognostisch-morphometrischer Merkmale an Larven und metamorphosierten Fröschen wurde von 14 halbwüchsigen und adulten Tieren das Plasmaproteinmuster mittels Cellogel-Elektrophorese bestimmt. Zu Vergleichsläufen diente hierzu Plasma von *Rana perezi* aus Lacanau, SW-Frankreich, aus Cadaques, Costa Brava, und aus Malaga, von *Rana* sp. (Wasserfroschkomplex) aus Korsika und von *Rana esculenta* aus dem Siebengebirge, Deutschland. Die genaue Verfahrensbeschreibung findet sich an anderer Stelle (HEMMER, KONRAD & BACHMANN 1980).

ERGEBNISSE

METRISCH-MORPHOGNOSTISCHE MERKMALE

Die Gesamtlänge am 8. April in einem Bewässerungsbassin gesammelter Larven reicht bis 80 mm, die Körperlänge bis 30 mm. Das Mundfeld der Kaulquappen ist durch das Fehlen einer zweiten oberen Lippenzahnreihe charakterisiert. Sie stimmen damit vollkommen mit den von VIDAL (1966) aus Eivissa beschriebenen Froschlarven überein.

Ein klarer Gipfel in der Körperlängenverteilung erwachsener ♂♂ findet sich in der Grossenklasse um 62 mm. (Abb. 6) Für die (grösseren) ♀♀ liegen zu wenig Daten vor, um eine ähnliche Gipfelbildung ablesen zu können. Die bei europäischen Grünfröschen diagnostisch sehr bedeutsame Grösse des Fersenhöckers in Relation zur Zehen- und Unterschenkellänge (letztere gewöhnlich als Tibiallänge bezeichnet) wurde an lebenden halbwüchsigen und adulten Fröschen gemessen (Tab. 1). Die Werte stimmen in ihrer gesamten Variation gut mit solchen einer grösseren Serie von *Rana perezi* der Region València überein und streuen auch im (vor allem oberen) Bereich mittel- und osteuropäischer Serien von *Rana ridibunda* (z. B. BERGER 1969, HEMMER 1977).

Die Färbung der Frösche variiert extrem stark in physiologischem Farbwechsel. Von einem hell olivgrünen Ton mit geringen Abweichungen in gelblich-bräunliche oder grünliche Richtung kommt es zu Umfärbungen zu hell gelblichem Olivgrün, zum leuchtenden und zum dunklen Grün und zum mehr

oder minder dunklen Olivbraun. Die Ruhefärbung kann je nach Tier unterschiedlich von bräunlichen bis zu nahezu rein grünen Tönungen reichen. Die beiden Rückenleisten erscheinen in der Regel lehmgelb, variierend von einem rötlich-braunen Ton auf der einen Seite bis zu einem Olivton heller als die Grundfarbe auf der anderen. Die Rückenfleckung besteht meist aus 2 Reihen sehr kleiner, spritzerhaft erscheinender, dunkel olivbrauner Fleckchen, variierend von kaum vorhanden oder gerade etwas als Marmorierung angedeutet bis zu mittelgrossen, teils innen aufgehellten (Hof-) Flecken. Ein Exemplar von S'Albufera aus der Sammlung des Museums Alexander Koenig, Bonn, trägt ein Muster aus mittelgrossen Flecken und zusätzlich zahlreichen kleinen Spritzern, das als dichtes Fleck-Punkt-Muster erscheint und an das Muster des Holotypus-Exemplars der von SALVADOR und PERIS (1975) aus Río de Oro, Westsahara, unter dem Namen *Rana ridibunda riodeoroi* beschriebenen Lokalform erinnert. Der Bauch ist rein weiss oder vor allem in hinteren Teil schwach grau marmoriert. Die Innenseiten der Oberschenkel tragen auf weisslichgelblichem bis olivgelblichem Grund bräunliche bis schwärzliche Marmorierung; eine auffällige Marmorierung findest sich auch an den Flanken, verbreitert im hinteren Abschnitt. Ein durchgehend ausgebildetes medianes helles Rückenband fehlt bei allen 16 Fröschen aus Sant Jordi, und wurde auch bei keinem anderen der im betreffenden Bassin noch zahlreich gesehenen Tiere entdeckt. Es ist bei einem von drei Tieren aus dem Torrente San Jordi und bei einem Frosch aus einem Bassin bei S'Arenal vorhanden. Ein Rückenband liegt ferner bei 5 von 18 Fröschen aus Mallorca im Museum Alexander Koenig und bei einem von drei Fröschen aus Eivissa im Senckenberg-Museum vor, d. h., es scheint mit einer mittleren Gesamthäufigkeit zwischen 20 und 30% in den Wasserfroschpopulationen der Balearen vertreten zu sein. Der gesamte Färbungskomplex der Balearenfrösche stimmt mit demjenigen von *Rana perezi* der iberischen Halbinsel überein.

PLASMAPROTEINMUSTER

Das Plasmaproteinmuster der Frösche aus Mallorca entspricht, soweit die Auflösungsgenauigkeit des benutzten Verfahrens dies zu beurteilen erlaubt, demjenigen von *Rana perezi* aus der iberischen Halbinsel und Südfrankreich. Unter 14 serologisch überprüften Tieren wurde bei einem einzigen aus der Mikropopulation Sant Jordi eine starke Präalbuminfraktion gefunden, die im di-

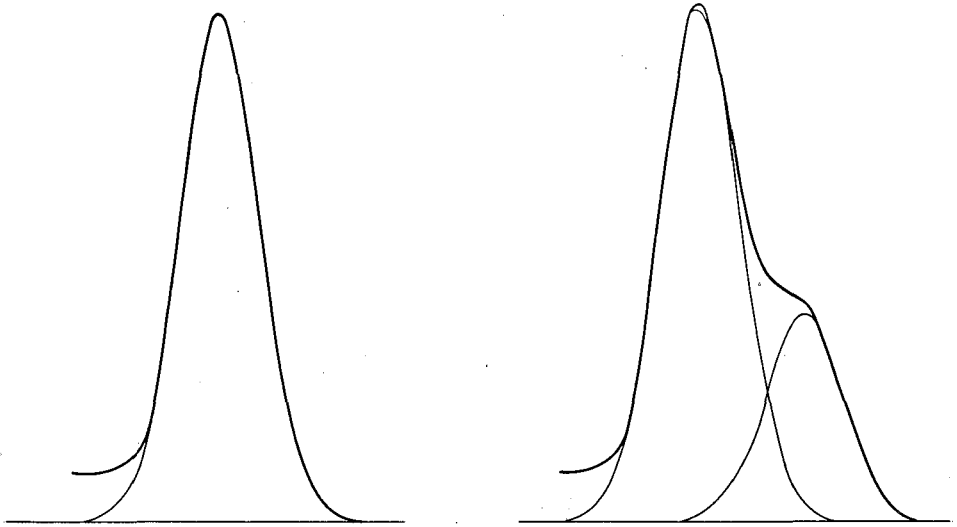


ABB. 2

Densitometrisches Bild des normalen *Rana perezi*-Albumins (links) und des Albumin-Präalbumin-Komplexes eines Individuums aus der Mikropopulation Sant Jordi (rechts; entsprechend ein Frosch aus Malaga). Laufrichtung von links nach rechts.

rekten Vergleichsbezug auf die anderen Albumintypen europäischer Grünfrösche noch etwas weiter anodisch wandert als das Albumin von *Rana lessonae*. In identischer Weise konnte diese Fraktion bisher bei einem Frosch aus der Region Málaga nachgewiesen werden, nicht aber bei 15 Tieren aus dem Nordosten der iberischen Halbinsel und aus Südfrankreich (Abb. 2).

BEOBACHTUNGEN ZUR BIOLOGIE

Der Stichprobenfang sowohl von Kaulquappen, als auch von metamorphosierten Fröschen aller Altersstufen in einem Bewässerungsbassin (8. 4. 1980) erlaubt Aussagen über die Struktur und Entwicklung einer für die bewässerten Gemüseanbaugelände Mallorcas typischen Bassin-Mikropopulation.

Die Kaulquappen gehören sehr unterschiedlichen Entwicklungsstadien an. Starke Häufungen der beim Bassin-Ablassen als Zufallsstichprobe gesammelten Serie finden sich bei den GOSNER (1960)-Stadien 28 und 30. Über mehrere verbindende kleine Zwischengipfel kommt es im Verteilungsbild (Abb. 3) schliesslich zu einem höheren Endgipfel bei Stadium 40. Diese Tiere stehen als überwinterte Riesenlarven kurz vor dem Abschluss ihrer Metamorphose; sie

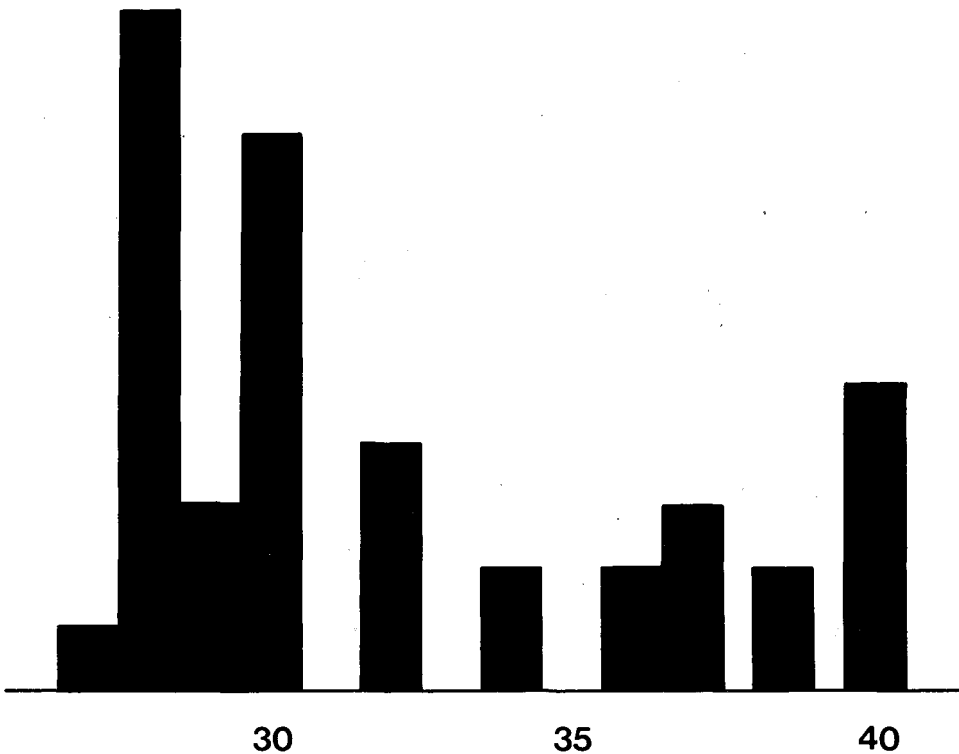


ABB. 3

Verteilung der Larvenstadien (nach GOSNER) in einem Stichprobenfang aus einem Bassin in Sant Jordi, 8. April 1980.

stimmen grössenmässig mit den zahlreichen, gerade metamorphosierten Jungfröschen (Stadium 46) überein und zeigen damit den im Gange befindlichen Schlussprozess der Metamorphose an (Abb. 6).

Zwischen den eben metamorphosierten Jungfröschen mit Körperlängen von 23 - 28 mm und der nächsten Grössenkatgorie halbwüchsiger Individuen in den Längen 49 - 52,5 mm (nur 2 Frösche gefangen, mehrere im betreffenden Bassin gesehen) klapft eine deutliche Lücke, während die Spanne von hier bis zum Beginn der Serie adulter Frösche (ab 56 mm) unbedeutend erscheint (Abb. 6). Halbwüchsige Tiere sind nicht nur zufällig in der kleinen Gesamtstichprobe, sondern den weiteren Beobachtungen zufolge zur Fangzeit im Bassin deutlich in der Minderzahl gegenüber neu metamorphosierten auf der einen und erwachsenen Fröschen auf der anderen Seite.

Die Untersuchung des Kotes, der von den frisch gefangenen Tieren in den Folgetagen abgesetzt wurde, erbrachte neben zahlreichen Insektenresten auch mutmasslich zu einem einzigen Individuum gehörige Skelettreste eines kleinen Frosches der eigenen Art. Kannibalismus kleinen Artvertretern gegenüber wurde dann auch bei den gefangenen Tieren nochmals unmittelbar festgestellt.

Eine Abschätzung der Populationsgrösse in einem Bassin über Markierungs- und Wiederfangverfahren war in der für die Gesamtstudie verfügbaren Zeit nicht durchführbar. Nach direkten Beobachtungen dürfte eine Grösserordnung von gegen 100 Frösche für die grossen Bassins (alle Altersstufen metamorphosierter Exemplare) jedoch wohl nicht allzu hoch gegriffen sein. Wasservolumina solcher Grossbassins wurden bis zur Grössenordnung 250 m³ bestimmt; als niedrigster Wert für Kleinbassins wurde 40 m³ gemessen. In manchen dieser Becken leben Fische, auch in solchen, in denen Frösche existieren. Mit grösseren Froschpopulationen besetzte Becken tragen in der Regel ausgedehnte schwimmende Algenmatten und -filze, die den Tieren Ruheplätze an der Oberfläche und Beutefangflächen bieten und ihnen sowie vor allem den Larven beim periodischen Wasserablassen auch dann noch Verstecke und Restpfützen gewährleisten, wenn die Auslassöffnung unmittelbar über dem Boden liegt. Entleeren solcher Bassins führt allerdings jeweils zu beträchtlichem Larvenverlust, da, wie beobachtet, eine Vielzahl von Kaulquappen in die wieder austrocknenden Bewässerungswege mit ausgeschwemmt wird.

Als ein die Besiedlung der Bewässerungsbassins in der Gemüseanbauzone limitierender Faktor wurde die Salinität des Wassers gefunden. Die Grundwasserentnahme zur Bewässerung ist sehr intensiv, die Wassernachlieferung durch die Bäche aus dem Inneren der Insel und durch Niederschläge reicht in den Anbaugebieten des Südwestens (Bucht von Palma) offensichtlich nicht zur Deckung dieses Bedarfes aus, denn bis auf Wasserreste im Unterlauf wurden hier schon Anfang April ausgetrocknete Bachbetten angetroffen. So ist von der Uferlinie her zunehmende Aussalzung des Grundwassers im Gange. Die geringste Entfernung der mit Fröschen bevölkerten Bassins vom Ufer wurde zu 2,5 - 3 km ermittelt. Wasserproben aus mit Froschmikropopulationen besetzten Becken im Küstenabstand 3 - 5 km besitzen nach Leitfähigkeitsmessungen⁵ einen Salzgehalt zwischen 1,1 und 1,3‰ (Wasser-Gesamthärte 23° d, ph um 7).

⁵ Für die Durchführung der Leitfähigkeitsmessungen mit entsprechenden Wasserproben danken die Verf. Herrn Th. Instinsky, Institut für Zoologie der Universität Mainz.

Neben den Bewässerungsbassins besiedelt der Wasserfrosch auf Mallorca Tümpel aller Art, Stillwasserzonen der Bachläufe und Kanäle in der Feuchtlandschaft von S'Albufera. In solchen nicht nach aussen wie die Bewässerungsbecken recht gut abgeschlossenen Gewässern ist er dem Bejagungsdruck der stellenweise sehr häufigen Vipernnatter (*Natrix maura*) ausgesetzt.

DISKUSSION

Der Balearen-Wasserfrosch erweist sich eindeutig als der Art *Rana perezi* zugehörig. Die früher vorgenommene subspezifische Zuordnung des iberischen Wasserfrosches zum Seefrosch, *Rana ridibunda* (als *R. ridibunda perezi*), lässt sich nach den Ergebnissen biochemischer und immunologischer Untersuchungen und von Bastardierungsexperimenten und -beobachtungen nicht mehr aufrecht erhalten (GRAF, KARCH & MOREILLON 1977, KAWAMURA & NISHIOKA 1979, KONRAD, BACHMANN & HEMMER 1980, UZZELL 1978). Die immunologische Distanz der Serumalbumine lässt eine phylogenetische Trennung von *Rana perezi* und *Rana ridibunda/Rana lessonae* vor etwa 16 Millionen Jahren, also während des Miozäns erwarten. Zur Zeit der Loslösung einer Landverbindung von den Balearen zum iberischen Festland im oberen Miozän (infolge zwischenzeitlicher Neufassung der Miozän-Pliozän-Grenze bei COLOM, 1957, noch als Unterpliozän geführt) dürfte der *Rana perezi*-Zweig also bereits seine separate Entwicklung eingeschlagen haben. Eine obermiozäne Besiedlung der Balearen auf dem Landweg sollte demnach möglich gewesen sein, trat dem Fossilbefund zufolge (SANCHIZ 1977, ALCOVER, schriftl. Mitt.) jedoch nicht ein oder ist vorläufig nicht fassbar. Wäre der heutige Balearenfrosch jedoch seit dieser Zeit von den festländischen *Rana perezi*-Populationen isoliert, so wäre neben morphologischen Änderungen und ökologischer Anpassung vor allem eine deutliche Proteinevolution vorauszusetzen. Dies ist nach Ausweis des übereinstimmenden Plasmaproteinmusters jedoch nicht der Fall. So bleibt allein die Alternativannahme, nämlich die holozäne Besiedlung der Balearen mit iberischen Wasserfröschen durch Verschleppung oder Einführung durch den Menschen. Da *Rana perezi* heute ausser in seinem autochthonen Verbreitungsgebiet, nämlich der iberischen Halbinsel und der hieraus postglazial möglichen Besiedlung Südfrankreichs, nicht nur auf den Balearen, sondern auch auf den Kanaren gefunden wird und im westlichen Nordafrika (Marokko, wohl auch gewisse Ausbreitung nach Algerien) neben *Rana ridibunda* und einer weiteren Wasserfroschart mit elektrophoretisch *Rana lessonae*-haftem Albumin existiert (UZZELL 1978,

HEMMER, KONRAD & BACHMANN 1980), erscheint die zufällige Verschleppung unwahrscheinlicher als die gezielte Einführung. Bei der Lokalform *Rana ridibunda riodeoroi* SALVADOR & PERIS, 1975, dürfte es sich übrigens den Oberschenkel-Unterschenkel-Proportionen und der Musterung (s.oben, Vergleich mit mallorkinischem Exemplar) zufolge ebenfalls um eine Population der in den Küstenbereich Marokkos verbrachten Art *Rana perezi* handeln.

Bei der anthropogenen Besiedlung einer Insel, sei es durch Einschleppen, sei es durch Einführung, ist infolge der eingeschränkten Zahl der zunächst betroffenen Tiere mit Gendrifteffekten, mit der Entstehung von Gründerpopulationen zu rechnen. Dies mag auf Mallorca für die Frequenz des für die Ausbildung einer medianen Rückenlinie verantwortlichen Färbungsallels zutreffen, unterscheidet sich diese doch sehr deutlich von der für das festländische Verbreitungsgebiet von *Rana perezi* pauschal bestimmten (76% der Frösche mit Rückenlinie: DUBOIS 1979). Gerade dieses Merkmal eignet sich infolge seiner leichten Erkennbarkeit am lebenden Tier und seiner mutmasslich dominanten Vererbung (DUBOIS 1979) besonders gut zu Einzelstudien über die Auswirkung von Gendrift. Die Bewässerungsbassins bieten hierzu mehr oder minder, je nach ihrer Entfernung untereinander, gegeneinander isolierte Mikropopulationssysteme, die in ihrer Zusammensetzung klar überschaubar und in ihrer Dynamik langfristig verfolgbar sind. So fehlt offensichtlich in der hier überprüften Population eines Beckens in Sant Jordi der Rückenstreif total, während er in anderen mallorkinischen Lokal- und Mikropopulationen mit bis über 30% Häufigkeit vorhanden ist. Als ein ebenfalls selbst mit einfacher Ausrüstung (HEMMER 1979) leicht überprüfbares biochemisches Merkmal könnte sich der hier nur bei einem Individuum gefundene Albumin-Präalbumin-Komplex des Plasmaproteinmusters herausstellen (Abb. 2). Bei polygen bestimmten Merkmalen erscheint die direkte Erfassbarkeit von Gendrifteffekten schwieriger, aber nicht unmöglich, wie in dieser Studie von der Mittelwertverschiebung des Fersenhöckerindex angedeutet wird (Tab. 1).

Die Momentaufnahme des Populationsquerschnittes eines Bassins in Sant Jordi gewährt einen Einblick in die Populationsdynamik. Kaulquappen der Gesamtlänge 30-40 mm, wie sie hier den ersten Gipfel der Grössenverteilung bilden (Abb. 3 und 4), werden von VIDAL von Eivissa erst für die Zeit gegen Mitte Juni beschrieben, wobei Laich von Anfang April bis in den Juni hinein gefunden wurde. Da der Entwicklungsstand dieser Larven nur wenige Stadien über den Beginn der selbständigen Nahrungsaufnahme bei Stadium 25 (Beginn der Larvenstadien mit dem Stadium 25/26: GOSNER 1960) hinaus fortgeschritten ist (erster Gipfel bei Stadium 28: Abb. 3), müssten diese Kaulquappen als Embryo

Fundort (in Klammer Nr. auf Karte)	Sant Jordi (2)	El Arenal (3)	Torrente Sant Jordi (4)	Villafranca (5)
Tibiallänge in % Körperlänge:				
M + s	50 + 1	51	50 + 1	48,5
min - max	48 - 51	—	49 - 51	—
n	10	1	3	1
<i>Digitus primus</i>				
Callus internus				
M + s	3,8 + 0,3	3,1	3,2 + 0,3	3,1
min - max	3,3 - 4,4	—	3,0 - 3,6	—
n	10	1	3	1
<i>Tibiallänge</i>				
Callus internus				
M + s	12,8 + 0,9	10,8	12,0 + 0,4	10,5
min - max	11,8 - 14,6	—	11,7 - 12,4	—
n	10	1	3	1
<i>D.P.</i> <i>Ti.L.</i>				
— + —				
C.l. C.l.				
M + s	16,6 - 1,2	13,8	15,3 - 0,7	13,6
min - max	15,2 - 19,0	—	14,7 - 16,0	—
n	10	1	3	1

TABELLE 1

Relative Unterschenkellänge (= relative Tibiallänge) und relative Länge des Fersenhöckers
(= Callus internus) zur 1. Zehe (= Digitus primus) und zum Unterschenkel.

nen überwintert haben, falls sie nicht aus Laich des Spätwinters oder zeitigen Frühjahrs stammen. Ersteres ist jedoch äusserst unwahrscheinlich. Zum Zeitpunkt des Sammelns (8. April) betrug die Wassertemperatur 14°C (in verschiedenen Bassins in der ersten Aprilhälfte 12 - 14,5°C). Nach Daten von BERGER (1967) beträgt die Embryonalentwicklungsdauer bei *Rana ridibunda*, *Rana lessonae* und *Rana esculenta* bis zu Stadium 25 bei 15°C 19 - 24 Tage. Die Länge der gesamten Entwicklung von der Befruchtung bis zum Ende der Metamorphose wurde bei jenen Arten bei 15°C vom gleichen Autor zu 76 - 99 Tagen

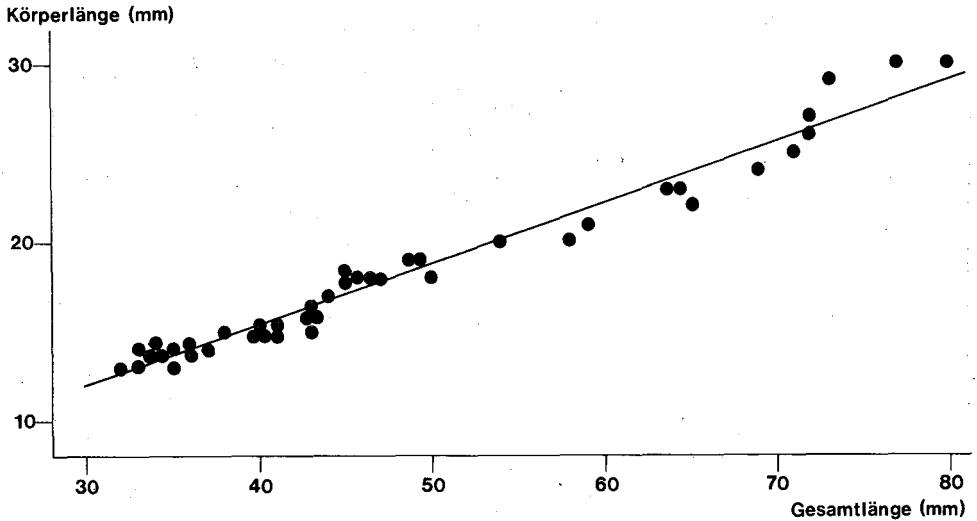


ABB. 4

Körperlänge und Gesamtlänge der Larvenstichprobe entspr. Abb. 3

bestimmt. Die Nulltemperatur der Embryonal- und Larvalentwicklung im *Rana esculenta*-Komplex wird von KAURI (1959) zwischen 12 und 13°C angesetzt. Sollte *Rana perezi* nicht eine deutlich andere Temperaturanpassung besitzen, so sollte die larvale Entwicklung in den Bewässerungsbassins zumindest im Frühjahr nur äusserst langsam voranschreiten. Unter dieser Voraussetzung ist mit einer ersten Laichablage unter günstigen Bedingungen bereits im Februar zu rechnen, nicht erst Ende März/Anfang April, wie es VIDAL (1966) auf Eivissa fand. Larven späterer Entwicklungsstadien als diejenigen des ersten Gipfels (Stadien 28-30) des Verteilungsbildes (Abb. 3) sollten dann sämtlich mit mehr oder minder stark über den Winter verzögerter Entwicklung aus dem Vorjahr stammen, in dem sich die Laichgabe über einen längeren Zeitraum bis gegen den Herbst verteilt haben muss. Dies stimmt mit den Befunden von VIDAL (l. c.) zur Überwinterung von grossen Larven auf Eivissa überein. Gegenüber dem von ihm beschriebenen ersten Erscheinen gerade metamorphosierter Jungfrösche zwischen Ende Mai und Anfang Juli tritt dieses Stadium hier bereits Anfang April auf. Die grosse Lücke im Verteilungsdiagramm der Körpergrösse (Abb. 6) zwischen den jüngsten und den halbwüchsigen Fröschen belegt, dass letztere aus dem Vorjahr stammen. Die Geschlechtsreife dürfte demgemäss in der Regel erst im 2. Jahr nach der Metamorphose erreicht sein. Die sehr viel zahlreicheren erwachsenen als halbwüchsigen Frösche im betreffenden Bassin weisen darauf hin, dass in dieser Gruppe Tiere mehrerer Jahrgänge zusammen-

gefasst sein müssen. Obwohl die Körpergrösse von *Rana perezi* Mallorcas mehr derjenigen von *Rana lessonae* bis *Rana esculenta* entspricht (BERGER 1973: Mittel der Körperlänge adulter Tiere 57 bzw. 68,4 mm), deutet sich hiermit eine Entwicklungsgeschwindigkeit in Entsprechung zu *Rana ridibunda* an. Dass in den Bewässerungsbecken dennoch blühende Populationen zustande kommen, kann als Indiz für nur geringen äusseren Druck auf diese Populationen gewertet werden.

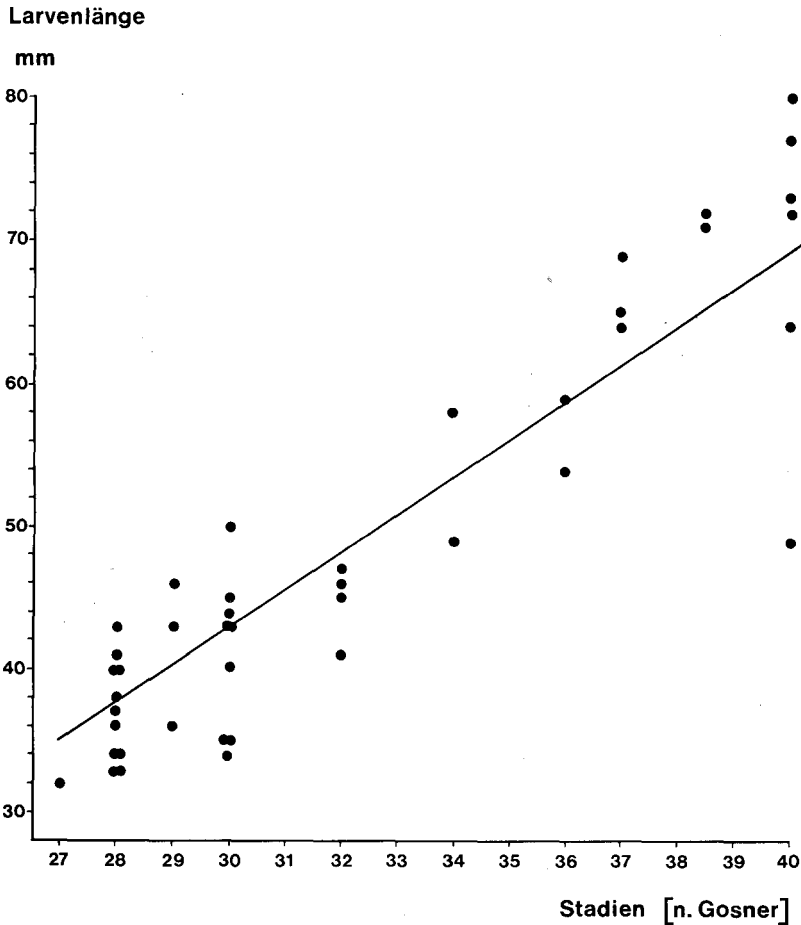


ABB. 5

Divariates Verteilungsdiagramm Larvengesamtlänge/Larvenstadien der Stichprobe entspr. Abb. 3 und 4.

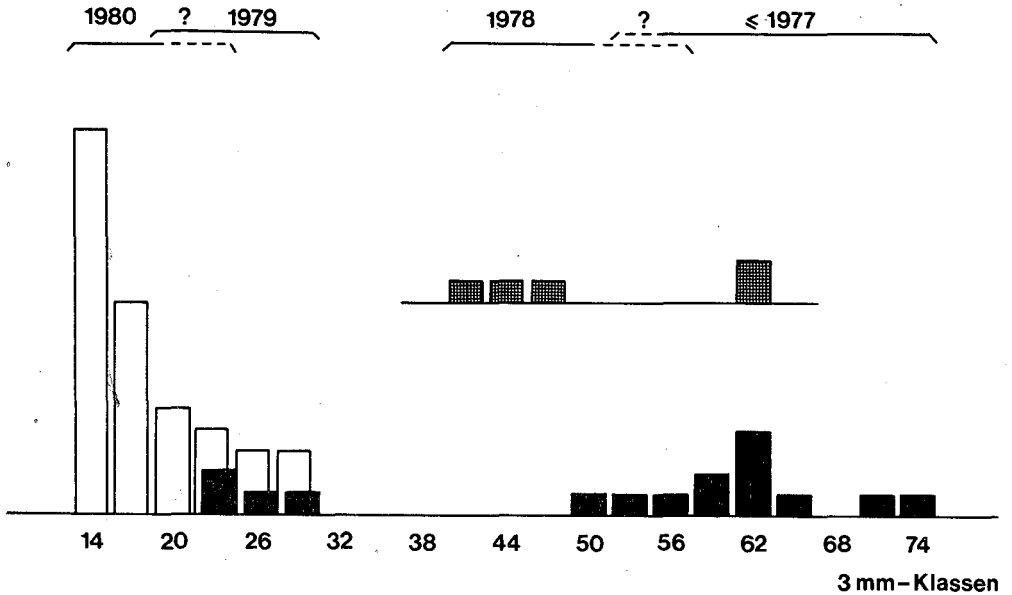


ABB. 6

Größenklassenverteilung (Körperlänge) der gesamten Populationsstichprobe aus einem Bassin in Sant Jordi. Hell = Larven, schwarz = metamorphosierte Frösche. Darüber gerastert: Einzeltiere aus anderen Fundorten aus Mallorca zur gleichen Zeit (1. Aprilhälfte). Am oberen Rand: Altersklasseninterpretation des Befundes (Laichjahrgänge).

Als Gesamtfolgerung aus den hier vorgelegten Befunden ist festzustellen, dass *Rana perezi* die Balearen zunächst mit Hilfe des Menschen besiedelte. Ihre breite ökologische Valenz erlaubte der Art dort dann eine grossräumige Ausbreitung (für Mallorca Abb. 1). Hierbei wurden sowohl natürliche Kleingewässer aller Art, als auch vom Menschen geschaffene Bewässerungsbassins besetzt. Die spezielle Konstruktion letzterer ermöglicht eine durch äussere Einflüsse offensichtlich nur gering gestörte Entfaltung von Mikropopulationen, womit *Rana perezi* hier zum ausgesprochenen Kulturfolger wurde. Solche Mikropopulationen erscheinen als günstige Objekte zum Studium von Populationsdynamik und von Gendrifteffekten und lassen sich letztlich als Bioindikatoren für verstärkte Aussalzung des Grundwassers durch die Tätigkeit des Menschen in Küstennähe nutzen.



ABB. 7

Das Bewässerungsbassin als Froschhabitat: Beispiel eines Beckens mit sehr starker Population in Sant Jordi. Wasservolumen etwa 140 m³. Mehrere Frosche am Rand des Algenfilzes erkennbar (z.B. nahe des linken Bildrandes im Vordergrund, nahe des rechten Bildrandes Mitte). Ort von Tonbandaufnahmen; Fundortkarte (Abb. 1): Nr. 2.

LITERATUR

- BERGER, L. 1967. Embrional and larval development of F₁ generation of green frogs different combinations. *Acta Zool. Cracov.*, 412: 123-162.
- 1969. Systematyka zab zielonych (Systematics of forms within *Rana esculenta* complex). *Przegląd Zool.*, 413: 219-238.
- 1973. Sexual maturity of males within forms of *Rana esculenta* complex. *Zool. Polon.*, 22: 177-188.
- BOETTGER, O. 1881. Beitrag zur Kenntnis der Reptilien und Amphibien Spaniens und der Balearen. *Abh. Senck. Naturforsch. Ges.*, 12: 371-392.
- COLOM, G. 1957. *Biogeografia de las Baleares*. Est. Gen. Luliano de Mallorca, Ser. cient., 1: 1-568. Palma de Mallorca.
- DUBOIS, A. 1979. Anomalies and mutations in natural populations of the *Rana «esculenta»* complex (Anphibia, Anura). *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, 55: 59-87.
- GORDON, M. S. 1965. Intracellular osmoregulation in skeletal muscle during salinity adaptation in two species of toads. *Biol. Bull.*, 128: 218-229.

- GORDON, M. S. & TUCKER, V. A. 1968. Further observations on the physiology of salinity adaptation in the crab-eating frog (*Rana cancrivora*). *J. Exp. Biol.*, 49: 185-193.
- GOSNER, K. L. 1960. A simplified table for staging anuran embryos and larvae with notes on identification. *Herpetologica*, 16: 183-190.
- GRAF, J. D., KARCH, F. & MOREILLON, M. C. 1977. Biochemical variation in the *Rana esculenta* complex: A new hybrid form related to *Rana perezi* and *Rana ridibunda*. *Experientia*, 33: 1582-1584.
- HEMMER, H. 1977. Studien an einer nordwestdeutschen Grünfroschpopulation als Beitrag zur Bestimmungsproblematik und zur Rolle der Selektion im *Rana esculenta*-Komplex. *Salamandra*, 13: 166-173.
- 1979. Contribution to diagnostic problems and selection within the *Rana esculenta* complex. *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, 55: 125-129.
- HEMMER, H., KONRAD, A. & BACHMANN, K. 1980. Hybridization within the *Rana ridibunda* complex of North Africa. *Amph. Rept.*, 1: 41-48.
- KAURI, H. 1959. *Die Rassenbildung bei europäischen Rana-Arten und die Gültigkeit der Klimaregeln*. Lund.
- KAWAMURA, T. & NISHIOKA, M. 1979. Isolating mechanisms among the water frog species distributed in the palearctic region. *Mitt. Zool. Mus. Berlin*, 55: 171-185.
- KONRAD, A., BACHMANN, K. & HEMMER, H. 1980. Erythrocytenkern-DNA-Bestimmungen bei *Rana perezi* im Rahmen des paläarktischen Grünfroschkomplexes (Amphibia, Anura, Ranidae). *Salamandra*, 16) 57-59.
- MAXSON, L. R. (im Druck): Albumin evolution and its phylogenetic implications in toads of the genus *Bufo*. II. Relationships among Eurasian *Bufo*.
- RUIBAL, R. 1962. Osmoregulation in amphibians from heterosaline habitats. *Physiol. Zool.*, 35: 133-147.
- SALVADOR, A. & PERIS, S. 1975. Contribución al estudio de la fauna herpetológica de Río de Oro. *Bol. Estación Central de Ecología*, 8: 49-60.
- SANCHIZ, F. B. 1977. Catálogo de los anfibios fósiles de España (Noviembre de 1977). *Acta. Geol. Hispan.*, 12: 103-107.
- UZZELL, T. 1978. Immunological distances between the serum albumins of *Rana ridibunda* and *Rana lessonae*. *Proc. Acad. Nat. Sci. Philadelphia*, 130: 1-10.
- VIDAL, A. 1966. Estudio biológico de las Pitiusas: Anfibios. *Publ. Inst. Biol. Aplic.*, 40: 81-112.