

Zum Konzept der "minimum viable population" (MVP): räumliche Risikostreuung und minimale Flächengröße bei *Carabus auronitens* F. (Coleoptera, Carabidae).

B. Horstmann

1. Einleitung

Tier- und Pflanzenarten leben in einer räumlich heterogenen und in der Zeit variablen Umwelt. In neuerer Zeit hat der Mensch die Lebensbedingungen auf der Erde schnell, tiefgreifend und nachhaltig verändert. Anthropogene Einflüsse, wie die Zersiedlung der Landschaft, führen zu einer Fragmentierung ursprünglich zusammenhängender Lebensräume. Der Lebensraum vieler bedrohter Arten ist inzwischen häufig nur noch auf wenige Relikthabitate beschränkt. Letztlich besteht kein fundamentaler Unterschied zwischen dem Aussterben einer Population und dem Aussterben einer Art: Eine Art erlischt mit dem Verschwinden ihrer letzten Population.

Welche minimalen Bedingungen für das langfristige Überleben einer Population unter natürlichen Bedingungen sowie in der anthropogen überformten Landschaft erfüllt sein müssen, versucht das Konzept der "minimum viable population" (MVP) zu klären. Der Begriff der MVP wurde in den 80er Jahren vor allem von SOULÉ geprägt (SOULÉ 1986, 1987). Als kritische minimale Bedingungen werden insbesondere die Flächengröße und die Individuenanzahl diskutiert (Abb. 1). Das Überleben einer Population ist gefährdet

(1.) bei niedrigen Individuen-Dichten, wenn eine kritische Mindestindividuenanzahl unterschritten wird.

(2.) Aber auch durch hohe Individuendichten, wenn die Umweltkapazität überschritten wird, wird eine Population destabilisiert. Es gibt Beispiele, daß Populationen als Folge des Überschreitens der Umweltkapazität ausgestorben sind. Eine Population ist "viable", wenn sie zwischen diesen beiden kritischen Größen liegt (vgl. Abb. 1).

Eine wichtige Grundlage für das Konzept der MVP ist das Metapopulationskonzept (GILPIN & HANSKI 1991). Eine Metapopulation ist die Gesamtheit von (vernetzten) Subpopulationen einer Art, die in räumlich isolierten Habitatinselfen (patches) leben. Sollte eine Subpopulation lokal aussterben, kann eine Wiederbesiedlung durch Migration einzelner Individuen aus anderen Subpopulationen erfolgen. Eine Subpopulation (von GILPIN & HANSKI als lokale Population bezeichnet) umfaßt eine Gruppe von Individuen, die mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit interagieren.

Voraussetzung für die Wirksamkeit der Metapopulationsdynamik ist ein notwendiges (nicht zu kleines und nicht zu großes) Ausmaß an Umweltheterogenität, so daß räumliche Risikostreuung einsetzen kann. Ist die Metapopulationsdynamik im Gleichgewicht, kann lokale Untervermehrung, aber auch lokale Übervermehrung durch Migration ausgeglichen werden.

Erstmals wurde von GRÜM (1994) das MVP-Konzept auf Carabiden-Populationen übertragen .

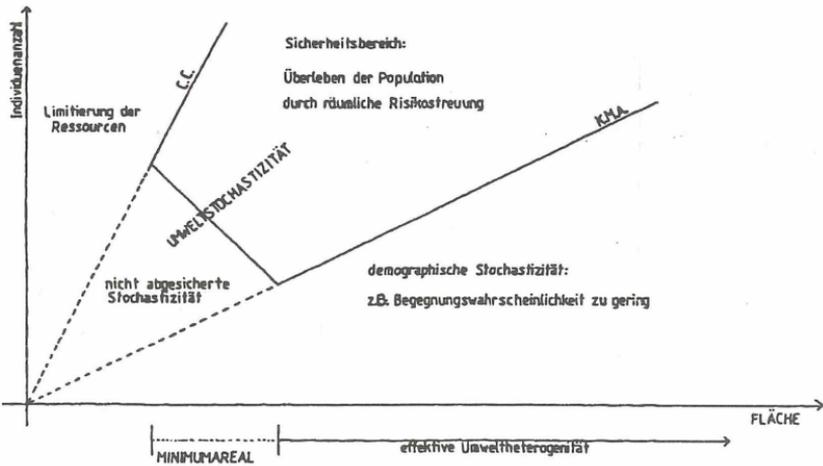


Abb. 1: Modell zum Einfluß von Umweltstochastizität und demographischer Stochastizität auf die Überlebenswahrscheinlichkeit einer Population in Abhängigkeit von Flächengröße und Individuenanzahl (K.M.A. kritische Mindest-Individuenanzahl; C.C. carrying capacity).

In der Arbeitsgruppe von Herrn Prof. Dr. Weber an der Universität Münster wird seit 1982 eine Population des Laufkäfers *Carabus auronitens* hinsichtlich verschiedener populationsdynamischer Parameter untersucht (ALTHOFF et al. 1992, 1994). Ziel des als Langzeitstudie angelegten Naturexperimentes ist es, die Struktur und Dynamik der Population zu analysieren und Ursachen für die relative Konstanz als auch für die Veränderungen populationsdynamischer Parameter zu ergründen.

Das Untersuchungsgebiet ist ein Waldgebiet (Forst Tinnen) in der Nähe von Münster. Im Forst Tinnen laufen mehrere Projekte zur Untersuchung der räumlichen wie auch der zeitlichen Fluktuationen populationsdynamischer Parameter. Wichtige populationsdynamische Parameter sind:

- Saisonalität
- Reproduktion und Mortalität
- Geschlechterverhältnis
- Aktivitätsphasen
- Gewichtsentwicklung
- Länge als Maßstab des Ernährungszustandes der Larven

1994 wurden von B. Horstmann im Rahmen ihrer Diplomarbeit zwei Untersuchungsflächen im Forst Tinnen betreut (HORSTMANN 1995): Das sogenannte Geschlossene und das sogenannte Offene Gehege: Im "Geschlossenen Gehege" (ca. 2000 m²) ist die Ein- und Auswanderung seit dem Sommer 1992 durch einen

käferdichten Plexiglaszaun unterbunden. Um die Entwicklung der isolierten lokalen Gruppe beurteilen zu können, wurde im Herbst 1993 in unmittelbarer Nachbarschaft das "Offene Gehege" errichtet (ca. 2500 m²). Das Offene Gehege ist von einem ca. 10 cm hohen Zaun begrenzt (handelsübliche Rasenkante). Die Käfer können den Zaun überwinden, er erhöht lediglich die Fangwahrscheinlichkeit.

Da beide Flächen unmittelbar aneinandergrenzen und auch die Vegetation auf beiden Flächen ähnlich ist, kann davon ausgegangen werden, daß die abiotischen Faktoren auf beiden Flächen annähernd gleich sind.

2. Versuchsaufbau

Auf der Fläche befinden sich 171 bzw. 178 Bodenfallen, die zweimal pro Woche abends geöffnet werden (die Tiere sind nachtaktiv). Morgens werden die Tiere aus den Fallen genommen und ins Labor transportiert. Im Labor werden die Tiere individuell markiert, das Markierungsmuster bereits markierter Tiere wird abgelesen, die Tiere werden gewogen und anschließend an der Stelle wieder ausgesetzt, an der sie gefangen wurden. Wie am Versuchsaufbau zu erkennen, geht es in diesem Projekt vor allem um eine Analyse der zeitlichen Fluktuationen populationsdynamischer Parameter.

3. Ergebnisse

3.1. Saisonalität

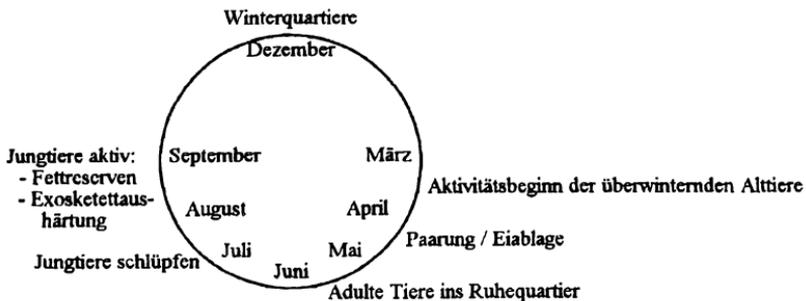


Abb. 2: Saisonalität von *Carabus auronitens*

Carabus auronitens ist ein Frühjahrsbrüter mit Herbstbestand. Die überwinternden Alttiere werden im Frühjahr (März/April) aktiv, sie paaren sich, die Weibchen legen Eier ab und suchen dann, Ende Mai/Juni, ihre Ruhequartiere auf. Die Zeitspanne, in der die Alttiere aktiv sind, wird im folgenden als Frühjahrs- (F-) Saison bezeichnet. Es folgt im Juli eine Phase, in der man keine Käfer fängt, ab August werden Jungkäfer gefangen, zunächst an dem noch sehr weichen Exoskelett zu erkennen (Abb. 2.). Die Zeitspanne, in der die Jungtiere aktiv sind, wird im folgenden als Herbst- (H-) Saison bezeichnet. Die Untersuchungen haben ergeben, daß

die Käfer bis zu 5,5 Jahre alt werden können, in der Regel 3,5 Jahre. Es beteiligen sich also immer mehrere Generationen an der Reproduktion.

3.2. Unterschiede zwischen den Untersuchungsflächen des Geschlossenen und Offenen Geheges

(1.) Während der Frühjahrssaison waren die Fangzahlen im Geschlossenen Gehege (2700 Fänge) deutlich höher als im Offenen Gehege (1198 Fänge; vgl. Tab. 1). Im Herbst dagegen wurden im Offenen Gehege (1254 Fänge) mehr Tiere gefangen als im Geschlossenen Gehege (933 Fänge; vgl. Tab. 2). Es ist zu beachten, daß die Anzahl der Fänge ungleich der Anzahl der nachgewiesenen Individuen ist: die Anzahl der nachgewiesenen Individuen liegt unter der Zahl der Fänge, da jedes Tier mindestens einmal, häufig mehrmals gefangen wurde. Die mittlere Fangrate gibt die durchschnittliche Anzahl der Fänge pro Individuum an (Tab.1, 2).

Tab. 1: Anzahl nachgewiesener Individuen, Summe aller Fänge und mittlere Fangraten von *Carabus auronitens*, Frühjahr 1994.

Σn_i : Summe aller Fänge (Erst- plus Wiederfänge), Σn_{ie} : Anzahl der nachgewiesenen Individuen

F 94	Geschlossenes Gehege			Offenes Gehege		
	♀♀	♂♂	♀♀+♂♂	♀♀	♂♂	♀♀+♂♂
Σn_i	1221	1479	2700	346	852	1198
Σn_{ie}	315	253	568	218	414	632
mittlere Fangrate	3,88	5,85	4,75	1,59	2,06	1,9

Tab. 2 Anzahl nachgewiesener Jungtiere, Summe aller Fänge und mittlere Fangraten, *Carabus auronitens*, Herbst 1994 (11 im Geschlossenen Gehege aktive Alttiere nicht berücksichtigt. Im Offenen Gehege inklusive zwei Jungtiere aus Juni und Juli.).

Σn_i : Summe aller Fänge (Erst- und Wiederfänge), Σn_{ie} : Anzahl der nachgewiesenen Individuen

H 94	Geschlossenes Gehege			Offenes Gehege		
	♀♀	♂♂	♀♀ + ♂♂	♀♀	♂♂	♀♀ + ♂♂
Σn_i	516	417	933	725	529	1254
Σn_{ie}	182	135	317	239	181	420
mittlere Fangrate	2,84	3,09	2,94	3,03	2,92	2,99

(2.) Die Reproduktionsrate (durchschnittliche Anzahl der Nachkommen pro Weibchen; Die Anzahl der an der Reproduktion teilnehmenden Weibchen wird nach der Jolly-Seber-Methode geschätzt) war 1994 im Geschlossenen Gehege ($R = 1,33$) geringer als im Offenen Gehege ($R = 2,30$; Tab. 3).

(3.) zeigte sich, daß die Tiere im Frühjahr 1994 im Geschlossenen Gehege deutlich länger aktiv waren als außerhalb des Geheges. Während außerhalb des Geschlossenen Geheges die Fangzahlen bereits ab Anfang Juni sanken, ist dies im Geschlossenen Gehege erst Ende Juni der Fall.

Tab. 3: Reproduktionsraten 1994 von *Carabus auronitens*. Berechnet wird die mittlere effektive Reproduktionsrate (R), das ist die durchschnittliche Anzahl imaginaler Nachkommen pro Weibchen und Jahr. R^* Anzahl der nachgewiesenen Individuen im Herbst dividiert durch den Saisonwert der Abundanz (\bar{N}_{Saison} , geschätzt mit der Jolly-Seber-Methode) der Weibchen im Frühjahr

Reproduktionsraten 1994

	Gesamtzahl Jungtiere	\bar{N}_{Saison} der Weibchen im F 94	Reproduktionsrate R^*
Geschlossenes Gehege	375	282	1,33
Offenes Gehege	420	183	2,30

Tab. 4: Gewichtsentwicklung der im Herbst 1994 geschlüpften Jungtiere, Untersuchung auf signifikante Unterschiede zwischen Geschlossenem und Offenem Gehege mittels t-Test (n = Stichprobenumfang, \bar{x} = Mittelwert, s = Standardabweichung)

♀ ♀

	Geschlossenes Gehege				Offenes Gehege				t
	n_1	\bar{x}_1	s_1	s_1^2	n_2	\bar{x}_2	s_2	s_2^2	
sw	85	313	13	169	57	331	26	676	4,8371****
w	140	380	16	256	203	395	34	1156	5,4688****
fh	138	427	30	900	191	461	16	256	12,1258****
h	152	480	33	1089	274	515	13	169	12,5471****

♂ ♂

	Geschlossenes Gehege				Offenes Gehege				t
	n_1	\bar{x}_1	s_1	s_1^2	n_2	\bar{x}_2	s_2	s_2^2	
sw	58	259	18	324	61	268	18	324	2,7263**
w	127	309	20	400	146	329	15	225	9,2345****
fh	116	344	20	400	116	372	13	169	12,6424****
h	115	391	20	400	205	404	14	196	6,1735****

**** a < 0,0001

** a < 0,01

(4.) Ein Vergleich der Gewichtsentwicklung der Tiere im Geschlossenen und Offenen Gehege ergab für die Frühjahrssaison keine Unterschiede, für die Herbstsaison jedoch Unterschiede in allen vier Aushärtungsklassen (sw = sehr weich, w = weich, fh = fast hart, h = hart; zur Differenzierung der Aushärtungsklassen siehe ALTHOFF et al. 1992): die Jungkäfer waren im Herbst 1994 im Geschlossenen Gehege signifikant leichter als im Offenen Gehege (Tab. 4).

Die Unterschiede können als eine Destabilisierung der Population im Geschlossenen Gehege gedeutet werden.

4. Diskussion

Wie lassen sich diese Unterschiede im Hinblick auf das MVP-Konzept interpretieren ?

Die Zufallsereignisse, die das Überleben einer Population gefährden, können drei Kategorien zugeordnet werden: Katastrophen (random catastrophes), Umweltstochastizität (environmental stochasticity) und demographische Stochastizität (demographic stochasticity).

Umweltkatastrophen sind zufällige, großflächige Ereignisse (z.B. Überflutung, Feuer, Trockenheit). Sie betreffen in der Regel eine bestimmte (begrenzte) Region und sind unabhängig von der Anzahl der Individuen, die dort leben.

Umweltstochastizität beschreibt den Einfluß von zufälligen Veränderungen der Umwelt (bei poikilothermen Tieren sind das vor allem die direkten und indirekten Wirkungen der Witterung) auf populationsdynamische Parameter.

Demographische Stochastizität spielt vor allem in individuenarmen Populationen eine Rolle und kann zum Zusammenbruch der Population führen, z.B. wenn zufällig keine Weibchen geboren werden, die Begegnungswahrscheinlichkeit der Geschlechter gering ist oder allelische Vielfalt durch genetische Drift verlorengeht.

Der Einfluß der Umweltstochastizität und der demographischen Stochastizität auf die Überlebenswahrscheinlichkeit in Abhängigkeit von Flächengröße und Individuenanzahl ist in Abb.1. modellhaft dargestellt.

Im Laufe der nun 14-jährigen Untersuchungen an *Carabus auronitens* im Forst Tinnen hat sich gezeigt, daß witterungsbedingte stochastische Schwankungen einen entscheidenden Einfluß auf die Reproduktionsrate haben. Es findet sich eine relativ starke Korrelation zwischen der mittleren Maitemperatur und der Reproduktionsrate: Der Korrelationskoeffizient beträgt 0,79, d.h. die Reproduktionsrate wird zu über 60% von der Temperatur beeinflusst.

Maßgeblich als eine Folge einer starken Vermehrung im Frühjahr (insbesondere 1993) war vermutlich im Geschlossenen Gehege die carrying capacity überschritten worden. Das Verhalten der Tiere selbst gibt einen Hinweis darauf, daß die Übervermehrung durch Migration abgeschöpft worden wäre, wenn das Gehege nicht geschlossen gewesen wäre.

Eventuell ist das Areal des Geschlossenen Geheges so klein, daß witterungsbedingte, stochastische Schwankungen der Reproduktion nicht mehr durch Migration ausgeglichen werden können. Das heißt, die auf einer Fläche dieser Größe lebende Gruppe weist nicht mehr die Merkmale einer zusammengesetzten Population auf, sondern stellt eine einzige "Reaktionseinheit" dar. Auf einer Fläche von ca. 2000 m² können Mechanismen der räumlichen Risikostreuung nicht wirksam werden. Flächen dieser Größe sind zu klein, also zu homogen, als daß ein Ausgleich lokaler Unter- bzw. Überdichten erfolgen könnte.

Zusammenfassung:

Nach Untersuchungen an *Carabus auronitens* in einem Wald bei Münster scheinen lokale Unterschiede demographischer Parameter im Sinne des Metapopulationskonzeptes durch Migration ausgeglichen zu werden. Voraussetzung für das Wirksamwerden räumlicher Risikostreuung ist, daß die besiedelte Fläche groß genug ist. Flächen von weniger als 0,2 ha scheinen die kritische Mindestfläche, ab der relativ stabile Populationen auftreten, erheblich zu unterschreiten. Populationen, die zu kleine Flächen besiedeln, sind gegenüber Schwankungen der Umweltbedingungen nicht mehr abgesichert. Nur oberhalb einer kritischen Mindestgröße weisen Populationen einen Sicherheitsbereich zwischen kritischer Mindest-Individuenanzahl und carrying capacity auf. Das Modell zeigt, daß der Parameter "Individuendichte" nicht geeignet ist, um die Viabilität einer Population zu beurteilen.

Literatur

- ALTHOFF, G.-H., EWIG, M., HEMMER, J., HOCKMANN, P., KLENNER, M., NIEHUES, F.-J., SCHULTE, R. & WEBER, F. (1992): Ergebnisse eines Zehn-Jahres-Zensus an einer *Carabus auronitens*-Subpopulation im Münsterland (Westf.). Abhandlungen Westf. Museum f. Naturkunde, 54 (4), S. 3-64.
- ALTHOFF, G.-H., HOCKMANN, P., KLENNER, M., NIEHUES, F.-J., & WEBER, F. (1994): Dependence of running activity and net reproduction in *Carabus auronitens* on temperature. In: Desender, K., Dufrene, M., Loreau, M., Luff, M. L. & Maelfait, J.-P. (Hrsg.): Carabid beetles: ecology and evolution. S. 95-100. Kluwer Academic Publisher, London.
- GILPIN, M. & HANSKI, J. (1991): Metapopulation dynamics: empirical and theoretical investigations. Linnean Society of London, Academic Press.
- GRÜM, L. (1994): Minimum population of carabid beetles (Col., Carabidae). In: Remmert, H. (Hrsg.): Minimum animal population. S. 131-136. Springer, Berlin.
- HORSTMANN, B. (1995): Die Abhängigkeit der Reproduktion und Mortalität von abiotischen und biotischen Faktoren: Freilanduntersuchungen an *Carabus auronitens* und *Carabus nemoralis*. unveröffentl., Institut für Allgemeine Zoologie und Genetik, Universität Münster.
- SOULÉ, M.E. (1986) (Hrsg.): Conservation biology. The science of scarcity and diversity. Sinauer Associates, Inc. Publishers; Sunderland, Massachusetts.
- SOULÉ, M.E. (1987) (Hrsg.): Viable population for conservation. Cambridge University Press, Cambridge.

Britta Horstmann
AG Prof. Weber
Institut für Allgemeine Zoologie und Genetik
Schloßplatz 5
D 48 149 Münster

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen des Westdeutschen Entomologentag Düsseldorf](#)

Jahr/Year: 1996

Band/Volume: [1995](#)

Autor(en)/Author(s): Horstmann Britta

Artikel/Article: [Zum Konzept der "mínimum viable population" \(MVP\): räumliche Risikostreuung und minimale Flächengröße bei *Carabus auronitens* F. \(Coleoptera, Carabidae 267-273](#)