

Strukturierte Straßenzählungen von Großschnecken identifizieren Schlüsselfaktoren für Aktivitätsmuster und Bestandsentwicklungen in Raum und Zeit.

von Hans UTSCHICK

Zielsetzung

Die Minimierung negativer Auswirkungen von Straßenbau und Verkehr auf Tierpopulationen und deren Bestandsentwicklungen ist vor allem im verkehrstechnisch intensiv erschlossenen Mitteleuropa eine wichtige Naturschutzaufgabe (Institut für Naturschutz und Tierökologie 1977, SMETTAN 1988). Dabei ist die systematische Erfassung faunistischer Daten im Rahmen von Straßenzählungen eine bewährte Methode, um das für die Entwicklung naturschutzfachlicher Schutzstrategien entscheidende Raum-Zeitverhalten von Tierpopulationen über größere Gebiete und Zeiträume zu analysieren. Aktuell gilt dies z.B. für die Folgen von Brach- und Grünlandverlusten infolge unökologischer landwirtschaftspolitischer Weichenstellungen (TAYLOR & GRANT 2004). Besonders effizient ist diese Erfassungsmethode bei auf kleinen Flächen nur schwierig bzw. nicht repräsentativ erfassbaren Tiergruppen. Dazu gehören vor allem Säugetiere und Vögel (CLEVINGER et al. 2003, FACKELMANN 2012, FUELLHAUS et al. 1989, REICHHOLF 1981, 1983a, 1983b), aber auch Tiergruppen mit regelmäßigen Wanderungen (z.B. Amphibien; KUHN 1987) oder Insekten (BAXTER-GILBERT et al. 2015, KARG & RYZKOWSKI 1985, UTSCHICK et al. 2017), vor

allem wenn für diese die Fahrbahnen oder die Straßenränder aufgrund ihrer Mikroklimata und Verbundstrukturen attraktive Lebensräume und damit oft Todesfallen sind (SAARINEN et al. 2005, BHATTACHARYA et al. 2003). Erstaunlicherweise sind Landschnecken diesbezüglich weitgehend unbearbeitet. Dabei sind die Dichten vor allem großer Gehäuse-schnecken an mit Kalkschotter ausgebauten Straßen am Straßenrand um das Zehnfache höher sind als in der Umgebung (KALISZ & POWELL 2003), besonders in bodensauereren Gebieten. In dieser Arbeit wird daher geprüft, ob Mollusken durch strukturierte Straßenzählungen auf Autofahrten ausreichend genau erfasst werden können, um Schlüsselfaktoren für die Aktivitätsmuster und die Bestandsentwicklung von großen Nackt- und Gehäuse-schnecken ableiten zu können. Zudem soll analysiert werden, ob sich Straßentrassierung, Böschungsgestaltung, Straßenrandvegetation, angrenzender Landnutzungsmatrix, Wetterbedingungen sowie Jahres- und Tageszeit auf die Verkehrsofferzahlen von Großschnecken auswirken. Ein weiteres Ziel ist die Analyse der lokalen Ursachen von Gradationen der Spanischen Wegschnecke *Arion lusitanicus* im Zeitraum 1992 bis 2006.

Untersuchungsgebiet und Untersuchungszeitraum



Abb. 1: Untersuchungstransect zwischen Schweitenkirchen-Raffenstetten und Freising-Weihenstephan (180 je 100 m lange Zählabschnitte), untergliedert in Landschaftsausschnitte mit synchroner Nacktschnecken-Populationsdynamik. Charakterisierung, Länge und Transektnummern der Teiltransekte 1 bis 16 siehe Abb. 5 und 6 sowie Anhang 1).

Bildquelle: Google Earth/Image © 2016 GeoContent.

Das Untersuchungsgebiet liegt im tertiären Hügelland mit Ampertal ca. 40 km nördlich von München (Abb. 1). Es umfasst ein 18 km langes und ca. 400 m breites Landschaftsband beidseits der Straße zwischen Schweitenkirchen-Raffenstetten und Freising-Weihenstephan, das in 180 je 100 m lange Straßenabschnitte untergliedert wurde. Diese 180 Abschnitte wurden bezüglich der Einbettung der Straße in das umgebende Landschaftsrelief (Senke, Ebene/Plateau, Flachhang, Steilhang, Kuppe), und der Trassenform (Straße in Einschnitt, in Plateaulage, auf Damm) charakterisiert, wobei auch Böschungsbreite und Böschungsneigung kategorisiert wurden (vgl. Anhang 1).

Abschnittsweise beidseits der Fahrbahn aufgenommen wurde auch die Landnutzungsmatrix (Anhang 1) in 5 straßenbegleitenden Landschaftsbändern (Entfernungen bis 5, 6 – 20, 21 – 50, 51 – 100 und 101 – 200 m). Dazu wurden im Juni 1992 bei flächigen Nutzungen (Agrarland, Grünland, Brachen, Siedlung, Wald, Gewässer etc.) die %-Anteile vor Ort geschätzt, bei Kleinstrukturen wie Flurgehölzelementen oder Kleingewässern deren Länge, Anzahl oder Flächengröße. Bei im Untersuchungszeitraum nachhaltigen Veränderungen der Landnutzung wurden diese Daten aktualisiert. Dies betraf Überbauung/Flächenversiegelung, Gewässerverfüllung/Fischteichausbau, Umbruch von Grünland/Hopfen,

Einstellung der Weidenutzung, Dauerbrachen-Reaktivierung, Neuanlage von Obstwiesen oder Flurgehölzen, Rodung von Flurgehölzen, Pflegeschnitt der Straßenbegleitgehölze oder Räumung von Nadelholz über Laubholzverjüngung.

Die Straßenzählungen fanden im Zeitraum April 1992 bis März 2001 und Januar 2004 bis März 2007 statt, wobei in dieser Arbeit Monate ohne messbare Schneckenaktivitäten (November bis März) ausgeklammert wurden. Die Zählfahrten fanden zu allen Tageszeiten statt, konzentrierten sich aber auf den Vormittag und frühen Abend. Dazu wurden die aktuellen Tageswetterbedingungen protokolliert. Kategorial erfasst wurden Bewölkungsgrad, Tagesniederschlag, Windstärke und Windrichtung, quantitativ aktuelle Temperatur (Station Raffenstetten) und nächtliche Minimaltemperatur (bei Fahrten vor 12 Uhr) bzw. Tages-Maximaltemperatur (bei Fahrten nach 12 Uhr). Diese Wetterdaten wurden ergänzt durch die Monatswetterwerte der nächstgelegenen Klimastation (Flughafen München). Dabei ist zu erwarten, dass sich das Tageswetter vor allem auf die Schneckenaktivitäten, die aus den Monatswetterdaten ableitbaren Klimaverläufe auf die Bestandsentwicklungen und die Straßen- und Landnutzungsverhältnisse über ihre Habitatqualitäten auf die Populationsdichten auswirken.

Material und Methoden

Die Straßenzählungen erfolgten bei einer Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 60 km/h vom dem fahrenden PKW aus und dauerten in der Regel 20 min pro Fahrt. Kartiert wurden alle Schnecken des Straßenraums (inklusive Straßenrand), wobei nur zwischen Nacktschnecken (fast immer Spanische Wegschnecke *Arion lusitanicus*), Weinbergschnecken (*Helix pomatia*) und sonstigen Gehäuseschnecken (in der Regel Bänderschnecken *Cepaea spec.*) unterschieden werden konnte. Neben der Schneckenzahl pro Straßenabschnitt (bei größeren Mengen geschätzt) wurden auch

Fahrbahnseite und Verkehrsofferstatus (lebend bzw. überfahren; bei lebenden Schnecken auch Auftreten in besonders intensiv befahrenen Fahrbahnarealen) festgehalten. Um auch phänologisch auswertbare Daten zu erhalten erfolgten pro Zählmonat in der Regel mindestens 20 Zählungen. Zur Feststellung der Verkehrsdichte wurden außerdem entgegenkommende Fahrzeuge gezählt. Über die Tageszeitabhängigkeit der Verkehrsdynamik konnte so das Tagesverkehrsaufkommen auf der Zählstrecke geschätzt werden.

Die Daten wurden in einer Access-Datenbank organisiert und mit MS Excel (Pearson-Regressionen zwischen Schneckenverteilung und unabhängigen Parametern) bzw. im Open-Source Programm R-3.2.2 (R Development Core Team 2015) bearbeitet. Bei polynomi-schen Regressionsformen und hohen R^2 -Werten wurden die Parameter durch Transformation so umgewandelt, dass sich lineare Beziehungen ergaben. Die Beziehungen zwischen Schneckenverkommen, Habitat- und Wettervariablen wurden zunächst mittels Spearman auf Kollinearität ($R > 0,7$; DORMANN 2012) geprüft. Bei hoch korrelierten Habitat- oder Wetterparametern wurden die weniger plausiblen bzw. schwerer messbaren Korrelate ausgeschlossen.

Abschließend wurde für alle Habitat-/Wetterparameter, bei denen die Werte der Spearman-Korrelationen bezüglich Nackt- bzw. Weinbergschneckenzahlen über 0,1 lagen, lineare Regressionsmodelle erstellt und zu „Minimum Adequate Modellen“ komprimiert, welche die Zusammenhänge zwischen abhängiger Variablen und Parametern am besten beschreiben (DORMANN 2012). Als Maß für die Aussagekraft der Modelle wurden das

Bestimmtheitsmaß R^2 und das Akaike Information Criterion (AIC) verwendet. Die Modellbeiträge der einzelnen Parameter wurden durch die Kombination von Parameterschätzern und Parameter-Mittelwerten relativiert.

Diese Modellierung erfolgte in mehreren Schritten. Die Abhängigkeit von Wetter, Straßenform- und Landnutzung wurden zunächst in getrennten Modellen geprüft und die modellrelevanten Parameter danach in gemeinsamen Modellen zusammengeführt. Bei der Landnutzung wurden zunächst die Abhängigkeiten innerhalb der 5 Entfernungsbänder (Straßenrand) geprüft und dann unter Berücksichtigung der Korrelationseffekte zwischen den Bändern diejenige Bandkombinationen ausgewählt, die sich am stärksten auf die Schneckenverteilung ausgewirkt hat (Einfluss eines Habitatelements in Abhängigkeit von der Entfernung zur Straße). Danach wurden zunächst Landnutzung und Straßenform und diese dann mit den Wetterparametern kombiniert. Dies geschah sowohl auf Abschnittsbasis (beidseitige Habitatqualitäten) als auch nach Straßenseiten getrennt (einseitige Habitatmuster).

Schneckenverteilung in Zeit und Raum

In den Monaten April bis Oktober der Jahre 1992 bis 2000 und 2004 bis 2006 wurden in 1705 Fahrten 18994 Nacktschnecken, 85 Weinbergschnecken und 38 sonstige Gehäuseschnecken erfasst. Abb. 2 zeigt deren tageszeitliche Verteilung, Abb. 3 den Einfluss der angrenzenden Landnutzung auf die Nacktschneckenabundanzen im Straßenraum, Abb. 4 die Bestandsdynamik von Nackt- und Weinbergschnecken im Untersuchungszeitraum, Abb. 5 und Abb. 6 die Unterschiede in der Bestandsdynamik von Nacktschnecken in Abhängigkeit von Lebensraummatrix und Landschaftsraum sowie Abb. 7 das räumliche Ver-

teilungsdynamik von Weinbergschnecken.

Bezüglich der tageszeitlichen Aktivitäten (Abb. 2) unterscheiden sich die Zeitmuster von adulten Nackt- und Gehäuseschnecken wenig (höchste Aktivitäten zwischen Sonnenunter- und Sonnenaufgang; kaum Schnecken zwischen 11 bis 14 Uhr). Hierfür verantwortlich ist im Wesentlichen der abendliche Anstieg der Luftfeuchte als Folge sinkender Temperaturen. Die Zeitfenster für lokomotorische Aktivitäten decken sich weitgehend mit bekannten, zum Teil experimentell ermittelten Ergebnissen (GODAN 1979, KERKHOFF 1989).

Abb. 2: Aktivitätsmuster der Schnecken im Tagesverlauf

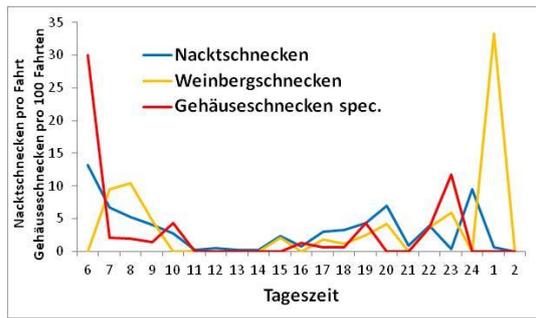


Abb. 3: Einfluss der angrenzenden Landnutzungsmatrix (5 straßenparallele Landschaftsbänder) auf die Nacktschneckenaktivitäten im Straßenraum (360 einseitige Transekte). Abundanzkategorien: im Untersuchungszeitraum pro 100 m –Abschnitt geringe Dichten = 0 – 10 Nacktschnecken (Transektlänge insgesamt 10100 m), mittel = 11 – 50 (14700 m), hoch = 51 – 998 (11200 m).

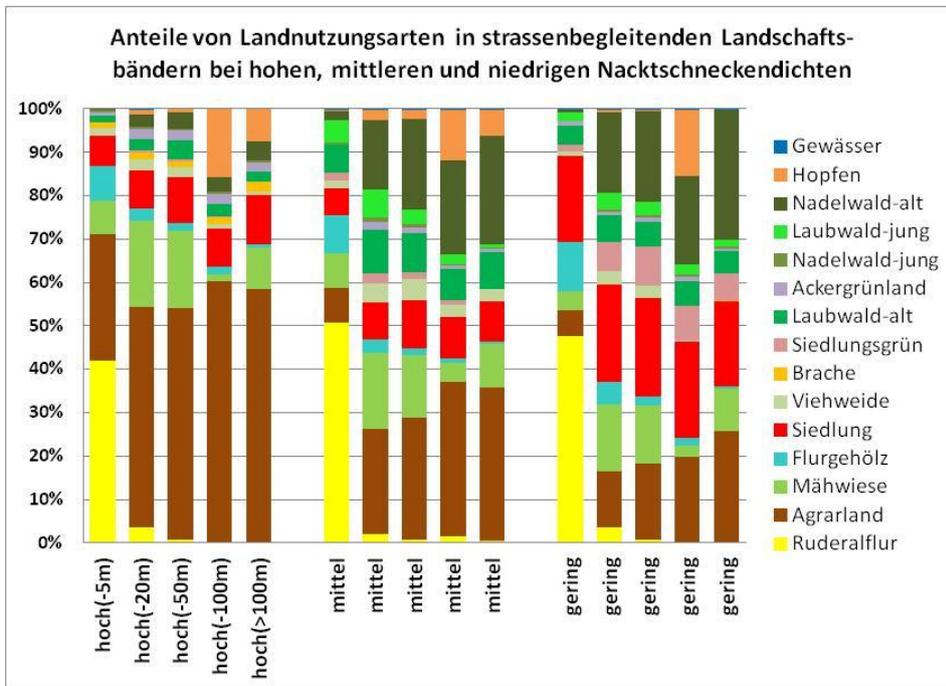


Abb. 4: Populationsdynamik und Phänologie von Nackt- und Weinbergschnecken im Untersuchungszeitraum.

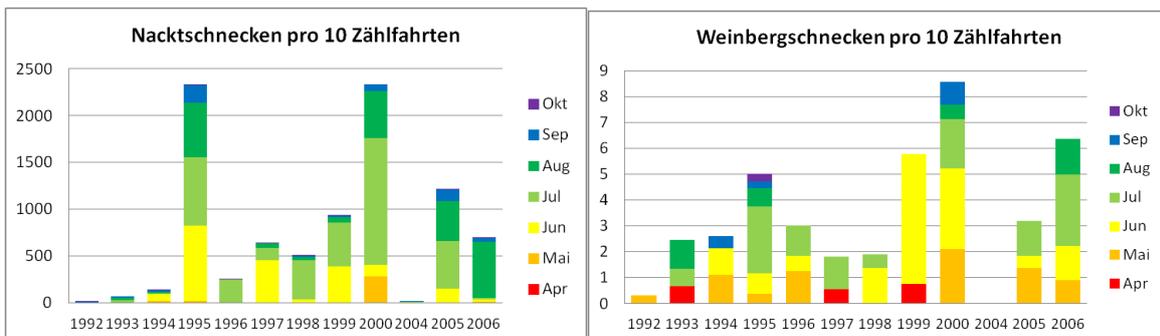
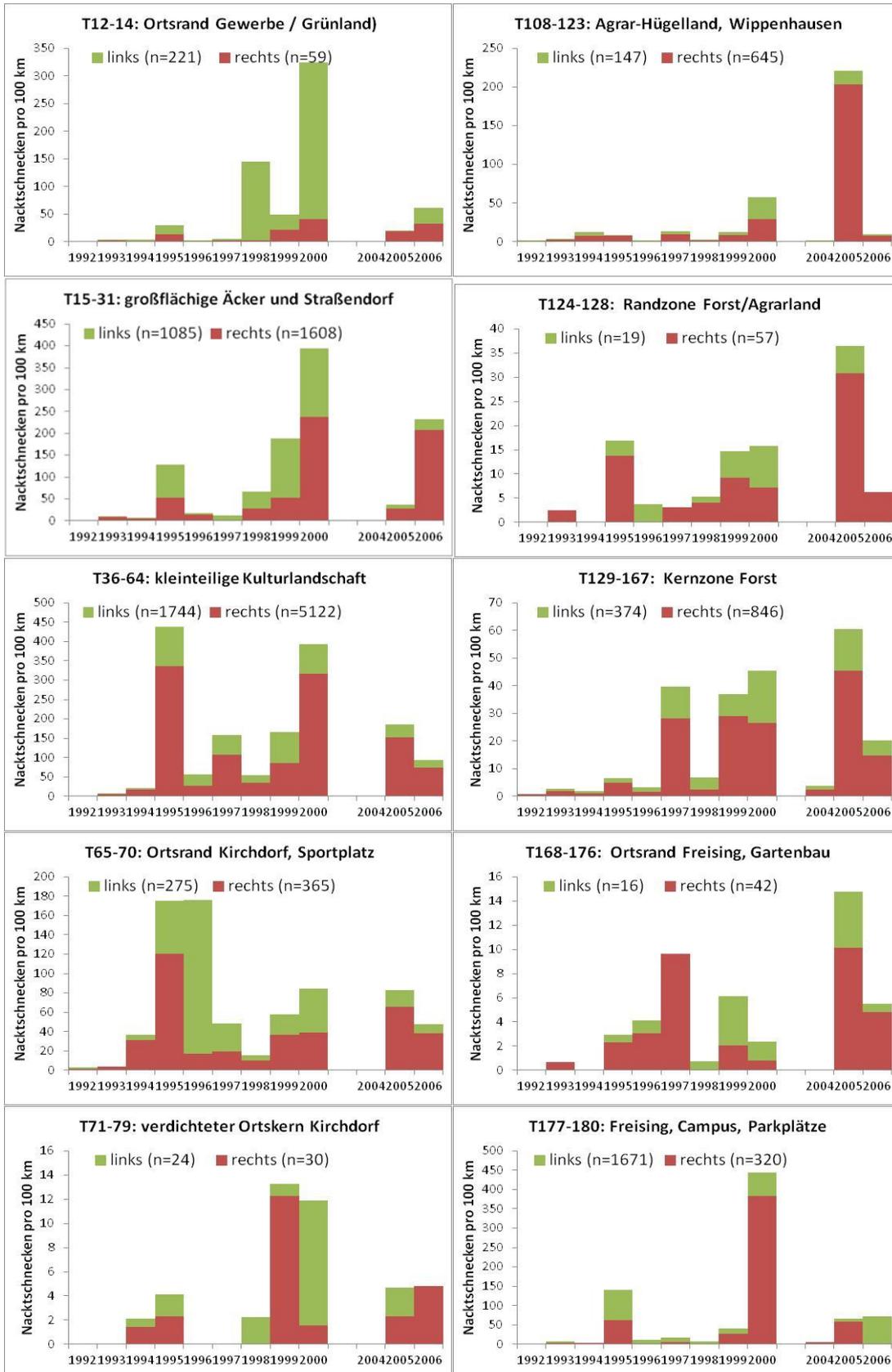
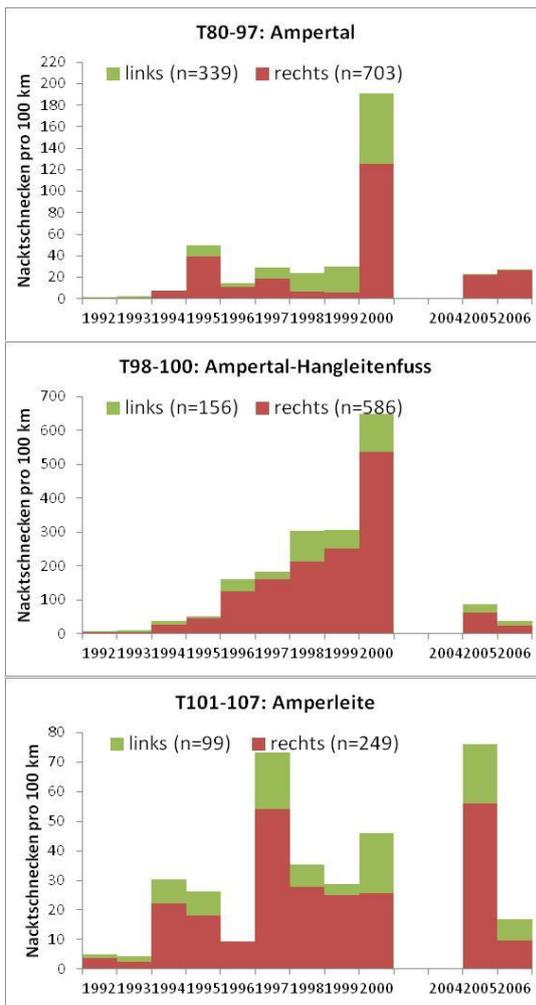


Abb. 5: Populationsdynamik von Nacktschnecken in Abhängigkeit vom Landschaftstyp nördlich bzw. südlich der Amper (Landschaftsausschnitte 3 - 4 und 6 - 8 bzw. 12 - 16; vgl. Abb. 1).



Welche Landnutzungsarten bei welcher Entfernung zur Straße für hohe Abundanzen von Nacktschnecken im Straßenraum sorgen lässt sich aus Abb. 3 ablesen, die die Nutzungsmatrix in 5 straßenparallelen Landschaftsbändern an Straßenabschnitten mit sehr hohen, durchschnittlichen und niedrigen Schneckenzahlen vergleicht. Zu hohen Nacktschneekendichten kommt es vor allem dann, wenn der Straßenumgriff bis zu einer Tiefe von 50 m von Ackerland geprägt wird (Ackeranteile um ein Mehrfaches höher als bei geringen Dichten, ab 50 m Abstand nur noch um das 1,5fache), kleinere Mähwiesen mit eingestreut sind und Brachland bzw. Ackergrünland hinzukommen (Fernwirkungen bis mindestens 200 m).

Abb. 6: Populationsdynamik von Nacktschnecken im Ampertal (Landschaftsausschnitte 9 - 11; vgl. Abb. 1).



Hochgrasige Ruderalfluren, Siedlungsstrukturen und Nadelwald wirken sich negativ aus, während Laubwald zumindest durchschnittliche Abundanzen zulässt. Die höchsten Dichten wurden in kleinteiligen, gehölzreichen Kulturlandschaften erreicht (Übergang der Amperniederung in die Hangleite T98-100, Hügelland T36-64; Abb. 5, Abb. 6), wobei der Hangleitenfuß im Vergleich zur überwiegend bewaldeten Leite besonders stabile Bodenfeuchteverhältnissen infolge des hier versickernden Hangwassers aufweist.

Viele Nacktschnecken gab es zeitweise auch im ortsnahen, offenen Agrarland bei Schweitenkirchen (T12-14, T15-31) bzw. Freising (T177-180). Besonders gering waren die Dichten in Siedlungen (T71-79, T168-176) und Wäldern (T101-107, T124-128, T129-167), wobei dort häufig auch Außenränder in Mitleidenschaft gezogen waren. Bei hohen Dichten im angrenzenden Agrarland sind dagegen auch Orts- und Waldränder häufig schneckenreicher als die Kernzonen dieser Lebensräume (Zuwanderung v.a. in Gradationsjahren; z.B. 1997 und 2005 aus dem Staatsforstkomplex um T129-167 in die rechtsseitigen Siedlungsrandbereiche von T168-176; vgl. Abb. 5).

Im Gegensatz zum tageszeitlichen Aktivitätsmuster reagieren Nackt- und Gehäuse-schneckenpopulationen über längere phänologische Zeiträume unterschiedlich. So erscheinen adulte Nacktschnecken (Jungtiere über Straßenzählungen nicht erfassbar) im Jahresverlauf später als Gehäuseschnecken und neigen stärker zu Gradationen, wobei diese im Jahr 2000 deutlich früher begannen als 1995 (Abb. 4). Ihre höchsten Dichten erreichen Nacktschnecken meist im Juli/August, Gehäuseschnecken oft schon im Juni. Außer im Jahr 2000 mit besonders vielen Nacktschnecken an Siedlungs-Offenland-Übergängen und in gehölzreichen Lebensräumen waren die Gradationen unabhängig vom Landschaftsraum asynchron (Abb. 5 und Abb. 6), wobei diese nördlich der Amper 1995 und 2000, südlich der Amper 2005 besonders stark waren. Dies deutet auf einen populationspezifischen, von Landschaftsraum und Landnutzungsmatrix abhängigen Einfluss vergleichbarer Witterungsverläufe auf die

Populationsentwicklungen hin, wobei eventuell in den beiden Hügellandschaften T1-70 (inklusive Ampertal T71-97) und T108-180 unterschiedliche Lokalklimate greifen, mit der Amper und der Amperleite als bodenklimatische Barriere. Auffällig ist auch die gegenüber offenem Agrarland konstantere Populationsdynamik in Wäldern, die damit offensichtlich Refugialfunktionen übernehmen. Abgeschwächt gilt dies auch für kleinteilige, flurgehölzreiche Kulturlandschaften. So fanden sich nach dem Trockensommer 2003 (vgl. REICHHOLF 2004) in 2004 Nacktschnecken fast nur noch in zentralen Waldflächen bzw. vereinzelt auf dem Freisinger Campus, bei ähnlich problematischen Klimaverläufen 1992 nur in der Amperleite, am angrenzenden Leitenfuß, an Flurgehölzrändern bei Kirchdorf (T65-70) und im Staatswald. Diese Abschnitte waren vermutlich die Ausgangsbereiche der vor allem das südliche Untersuchungsgebiet betreffenden Gradation von 2005. Ab 1993 stiegen dann die Nacktschneckenzahlen besonders auf der zur Amperleite führenden Hangleitenfuß-Trassenseite (rechtsseitig) bis zur Gradation 2000 kontinuierlich an (T98-100, Abb. 6), mit bereits 1997 einer kleinen, ausschließlich auf Wälder (T101-107, T129-167) beschränkten Gradation. Im Staatswaldkomplex bei Freising scheinen zudem die Populationsverhältnisse nach einem kontinuierlichen, großflächigen Umbau von Nadelforsten in Laubmischwald nach 1997 noch stabiler geworden zu sein. Dieser Transektabschnitt (T129-167) war jedenfalls der Einzige, in dem die Nacktschnecken nach 1995 in allen vier, das Untersuchungsgebiet betreffenden Gradationsjahren deutlich zunahmen (Tab. 5). In ungünstigen „Nacktschnecken“-Jahren wie 1993/94 oder 1996/97 verschwinden die Nacktschnecken vor allem aus Siedlungs- und ausgeräumten Agrarlandbereichen, in denen sie in Einzeljahren aber zu besonders starken Gradationen neigen können. Diese gehen dann z.T. von kleinen Initiallebensräumen aus. So explodierten die Nacktschneckenbestände in der zu dieser Zeit kleine Brachen aufweisenden Schweitenkirchener Agrarenklave von Abschnitt 2 (T5-11; nicht in Abb. 5 abgebildet, aber vgl. Anhang) im Zuge der Gradation von 1995, die das ge-

Abb. 7: Weinbergschnecken auf der linken und rechten Fahrbahn im Untersuchungszeitraum. Stabile Vorkommen beschränken sich auf die Straßenabschnitte T86-109 (Amperauen und Amperleite). Die Farben charakterisieren Jahre, in denen die Schnecken ihre höchsten Vorkommen erreichten (1992 bis 1995 dunkelrot bis hellbraun, 1996 bis 1999 ocker bis dunkelgrün, 2000 hellblau, 2005 dunkelblau, 2006 violett). Sterne weisen auf weitere Jahre mit größeren Vorkommen hin.

A	links	rechts
30		1
54		1
57		1
70		1
78		1
86		1
87		3 *
88		3 *
89	1	2 *
90	1	2 *
91	1	
92	1	3 *
93	1	5 *
94	1	7 *
95	1	1
96		1
97		1
98		1
99		1
100		1
101		1
102	*	2 6 *
103	* *	3 6 *
104		4 *
105	1	
106	1	2 *
107	1	2 *
108	1	1
109		3 *
133	1	
143		1
151		1
166		1
167		1
169	1	
172	1	
176	1	
178	1	

samte Agrarland nördlich der Amper betraf, nicht mehr aber bei der deutlich stärkeren Gradation von 2000 nach der Umwandlung des Brachlands in Intensivgrünland und Energiegrasflächen. Geschlossene Siedlungen (T71-79, T1-4) erreichten zwar bezogen auf den Untersuchungszeitraum 1999 Optimalwerte (Nacktschnecken begünstigende Witterungsverläufe vor allem im innerörtlichen Bereich), die zum Teil bis 2000 anhielten, allerdings ohne von der flächendeckenden Grada-

tion beeinflusst zu werden (vgl. aber T177-180, Abb. 5).

Aus Abb. 5 und Abb. 6 wird zudem ersichtlich, dass die Bestandsdynamik auf beiden Straßenseiten trotz deutlicher Abundanzunterschiede häufig annähernd synchron verlief. Dies deutet neben einer grundsätzlichen Steuerung der Populationsdynamik durch Witterungsparameter auf einen Einfluss auch von Habitatqualitäten auf höherer Raumebene hin, die sich vermutlich bei unterschiedlichen Wetterverläufen unterschiedlich auswirken. Landnutzungsveränderungen hatten in den drei Gradationsjahren keinen erkennbaren Einfluss, auch nicht die kahlschlagartige Entnahme von Nadelbäumen über Laubholzverjüngung (T124-125 rechts bzw. T147-152 links), die wegen der dadurch sinkenden Luftfeuchte zu sinkendem Schneckenreichtum führen

sollten (HYLANDER et al. 2004). Nicht ganz ausschließen kann man lediglich Einflüsse der oben erwähnten Nutzungsintensivierung einer Brache (1998; v.a. T5-8, rechtsseitig) oder durch den Pflegeschnitt von Straßengehölzen (2000; T98-99, beidseitig).

Weinbergschnecken konzentrierten sich auf den Bereich T86-109 (Amperauen mit Amperleite; vgl. Abb. 7). Hier waren auch die Bestandsentwicklungen auf den Straßenseiten eher asynchron, bei in Einzeljahren lokal eher unterschiedlichen Verläufen. Weinbergschnecken traten z.B. 1993 bis 1997 vor allem in T89-95 rechtsseitig auf, 2000 bis 2005 linksseitig sowie 2005/2006 in T102-108 rechtsseitig im waldrandnahen Laubwald. Weinbergschneckenvorkommen dürften daher vor allem von eher kleinräumigen Lebensraumqualitäten beeinflusst werden.

Einfluss von Witterungsfaktoren

Regressionen ergaben wie erwartet starke Abhängigkeiten der Nacktschneckenaktivitäten von den Temperaturverhältnissen während der Bestandsaufnahmen ($R^2=0,535$; Optimum bei 17,2 °C; Auftreten fast nur im Bereich 12 – 20 °C; vgl. Abb. 8 links oben) und den Feuchtebedingungen am Aufnahmetag, wobei neben der relativen Luftfeuchte (stark negativ korreliert mit der Temperatur; KERKHOFF 1989) eine geschlossene Wolkendecke (Abb. 8 rechts oben; $R^2 = 0,771$) und schwachwindige, stabile Südwest- und Westwindwetterlagen (Abb. 8 links mittig und unten; $R^2 = 0,732$ bzw. $0,668$) entscheidender waren als das Niederschlagsgeschehen selbst ($R^2 = 0,396$). Hier traten viele Schnecken vor allem an Tagen mit Schaueraktivitäten und weniger bei anhaltendem Sprüh- oder Dauerregen auf (vgl. Art des Niederschlags in Abb. 8 mittig rechts). Höhere lokomotorische Aktivitäten auch am Tag sind nur nach Niederschlägen infolge der dadurch steigenden Luftfeuchte bekannt (KERKHOFF 1989).

Auch die Mondzustände und Mondphasen wirken sich auf Schneckenaktivitäten aus (Abb. 8 rechts unten). Sowohl Nackt- als auch

Gehäuseschnecken waren im Straßenraum an Tagen vor Vollmondnächten besonders aktiv, Nackt- und Weinbergschnecken bei zunehmendem Mond auch schon davor. Wie der Tageswettereinfluss ist damit auch das Mondgeschehen methodisch bei der Abschätzung von absoluten Schneekendichten bei Bestandserhebungen zu berücksichtigen. So sollten für die Erfassung repräsentativer Schneekendichten Vollmondphasen vermieden werden. Wegen dieses engen Zeitfensters wurde der Mondeinfluss in den Modellen nicht weiter berücksichtigt.

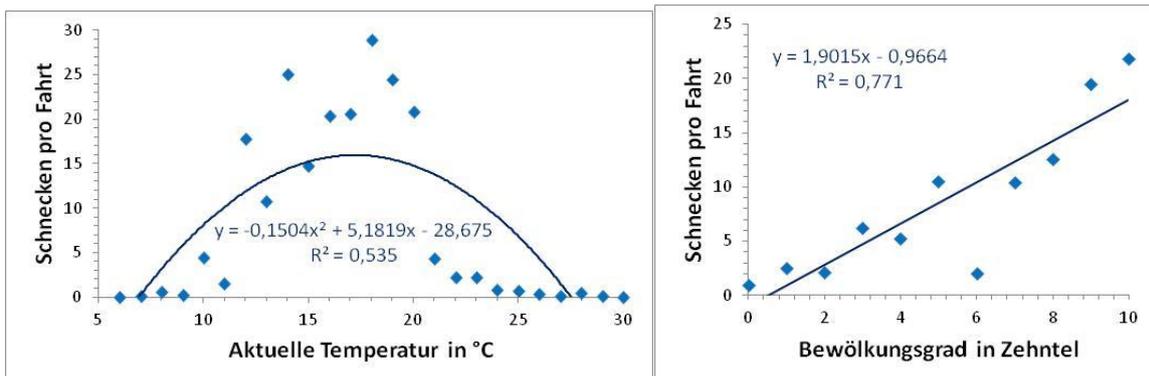
Der Einfluss der Monatswetterdaten auf die Schneckenverteilungen wurde sowohl auf Monats-, Vormonats- als auch Saisonbasis geprüft, wobei hier zwischen Vorwinter (Dez – Feb), Frühjahr (März – Mai), Frühsommer (Apr – Jun), Sommer (Mai – Jul) und Hochsommer (Jun – Aug) unterschieden wurde. Die saisonalen Winterungsverläufe wurden dazu allen Schneckenfunden des jeweiligen Jahres zugeordnet. Damit sollte es möglich sein, den Einfluss von langzeitlichen Witterungsverläufen auf Bestandsentwicklungen abzuklären.

Von den Monatswetterparametern waren von den mit den Schneekendichten hoch korrelierten Parametern (Pearson) nur wenige modellrelevant. Neben einem eher vernachlässigbaren Einfluss von monatlichen Durchschnittstemperaturen (steigende Schneekendichten im Temperaturbereich 10 bis 18 °C), Monats-Temperaturminima (Zunahme von 0 bis 9 °C) und monatlichen Niederschlagssummen (Zunahme von 0 bis 160 mm) wirken sich vor allem steigende Bodentemperaturminima ($R^2 = 0,731$; Abb. 9 rechts unten), viele Schwachregentage (Tagesniederschläge von 0,1 - <1 mm; Abb. 9 links oben; $R^2 = 0,637$) bzw. Mittelregentage (1 – 10 mm; Abb. 9 rechts oben; $R^2 = 0,806$) und die Anzahl von Sommertagen (Höchsttemperatur mindestens 25 °C) positiv auf Schneekendichten aus, letztere allerdings nur bei bereits hohen Schneekendichten von mindestens 15 Tieren/Fahrt auf der 18 km langen Zählstrecke (Abb. 9 links unten; $R^2 = 0,853$). Die Schnecken reagierten auch auf eine Häufung von schwülen, gewittrigen Tagen positiv). Leider wurden hierzu die Wetteraufzeichnungen nach 2000 eingestellt.

Parameter, mit denen der Einfluss von mehrmonatigen Witterungsverläufen geprüft werden kann, wurden in Wetter-Vormodellen getestet. Höhere R^2 -Werte ergaben sich für den dem Zählmonat vorhergehenden Monat nur bei der durchschnittlichen relativen Luftfeuchte (Abb. 10 links oben; $R^2 = 0,357$) und die Summe an Sonnenstunden (Abb. 10

rechts oben; $R^2 = 0,480$), beim vorhergegangenen Winter (Dez-Feb)und Frühjahr (Mar-Mai) für die Anzahl der Mittelregentage (Abb. 10, Mitte oben; $R^2 = 0,627$ bzw. $0,571$), im Frühsommeraspekt die Mitteltemperatur (Abb. 10, Mitte unten links; $R^2 = 0,769$), der mittlere Monatsniederschlag (Abb. 10, Mitte unten rechts; $R^2 = 0,851$) und die mittlere Monatssumme an Sonnenstunden (Abb. 10 unten links; $R^2 = 0,569$) sowie im Sommeraspekt für die Anzahl der Starkregentage mit über 10 mm Niederschlag (Abb. 10 unten rechts; $R^2 = 0,655$). Die Populationsdynamik der Schnecken im Straßenraum weist somit auf eine sehr komplexe Abhängigkeit von langzeitlichen Wetterverläufen hin, vor allem auf das Zusammentreffen von optimalen, zum Teil gegenläufigen Temperatur- und Feuchtebereichen. Starke, klimabedingte Bestandsschwankungen sollten daher die Regel sein, wobei auch hier eine über längere Zeit optimale Luftfeuchte besonders positiv beeinflusst. Bei 10 °C liegt dieses Optimum bei 50 % relativer Luftfeuchte, bei 20 °C bei 60 und bei 30 °C über 65 % (KERKHOFF 1989). Bei sehr ungünstigen Wetterlagen sind auch mehrjährige Auswirkungen auf die Schneckenbestände zu erwarten. So nahmen die Schneekendichten nach dem sehr trockenen Hitzesommer 2003 erst wieder im September 2004 erkennbar zu (REICHOLF 2004). Gehäuse- und vor allem Weinbergschnecken sind in dieser Beziehung deutlich robuster als Nacktschnecken (KERKHOFF 1989).

Abb. 8: Tageswetter- und Mondphasenabhängigkeit von Schneckenaktivitäten (bei aktuellen Temperaturen unter 6 °C bzw. über 28 °C keine Schneckenaktivitäten mehr). Für hohe Schneckenaktivitäten optimal sind 15 – 20 °C warme, bedeckte Tage während windarmer Südwest- und Westwind-Wetterlagen mit Schauern oder leichtem Regen.



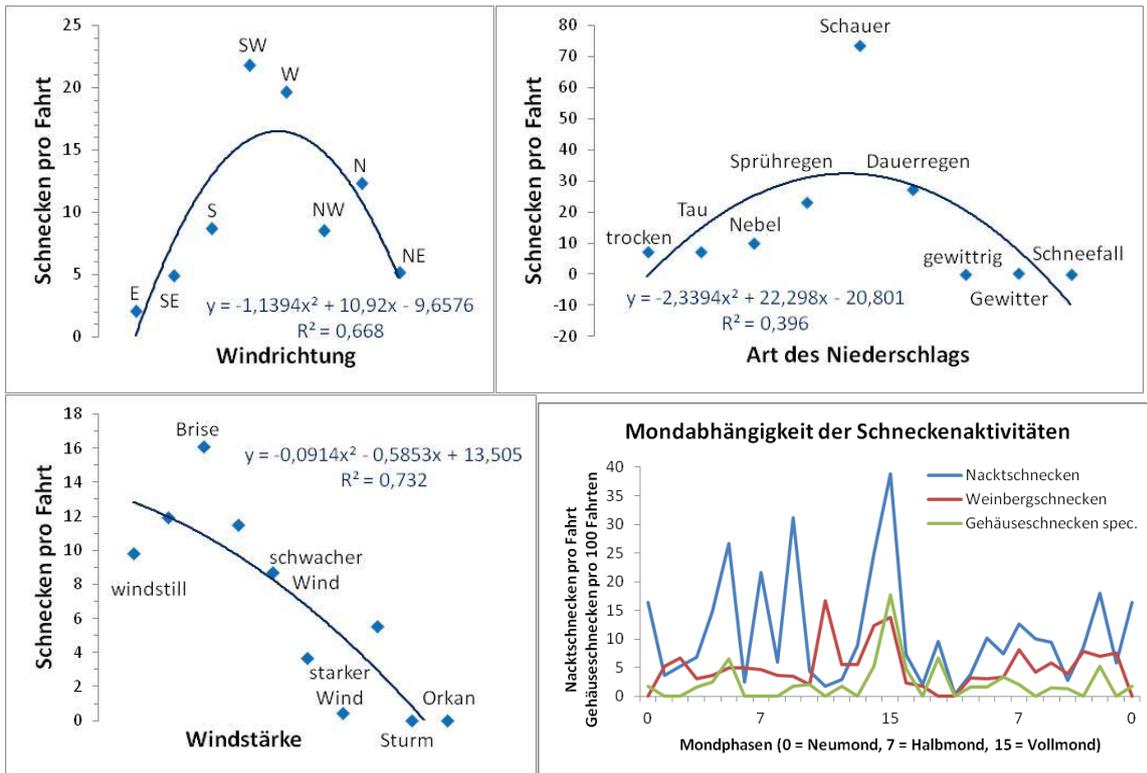


Abb. 9: Abhängigkeit der Schnecken vorkommen vom Monatswetter. Viele Schnecken gibt es vor allem bei pro Monat 15 bis 25 Schwachregentagen und 9 bis 20 Tagen mit nur mäßigen Niederschlägen von maximal 10 mm. Viele warme Sommertage wirken sich nur bei hohen Schneekendichten stark positiv aus. Kontraproduktiv sind vor allem starke Bodenfröste.

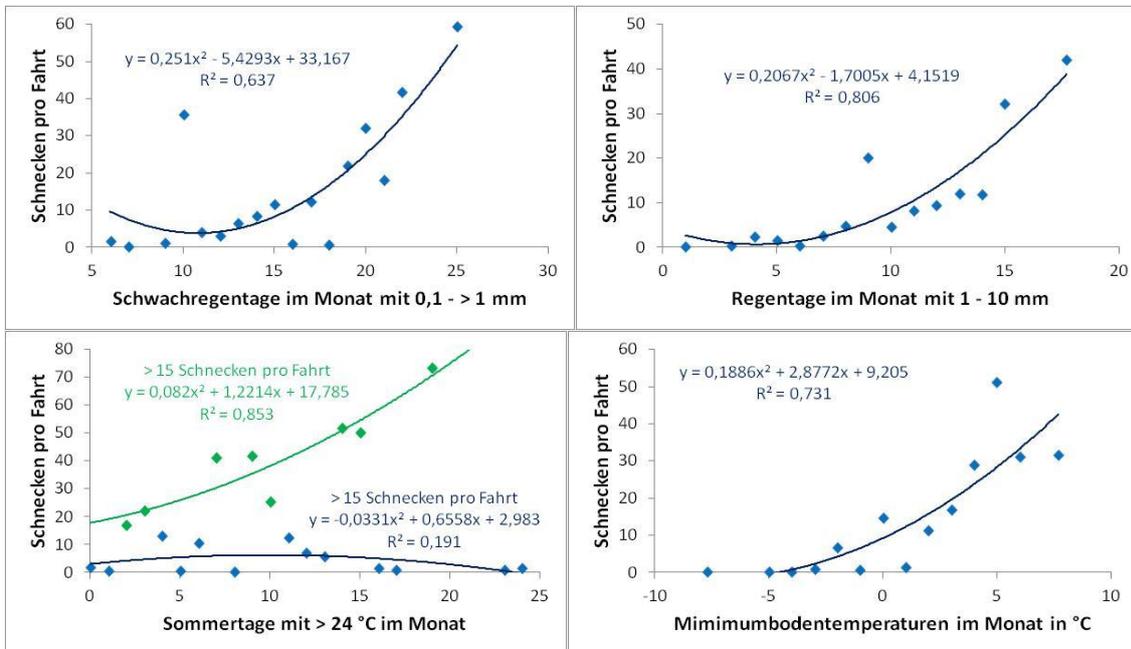
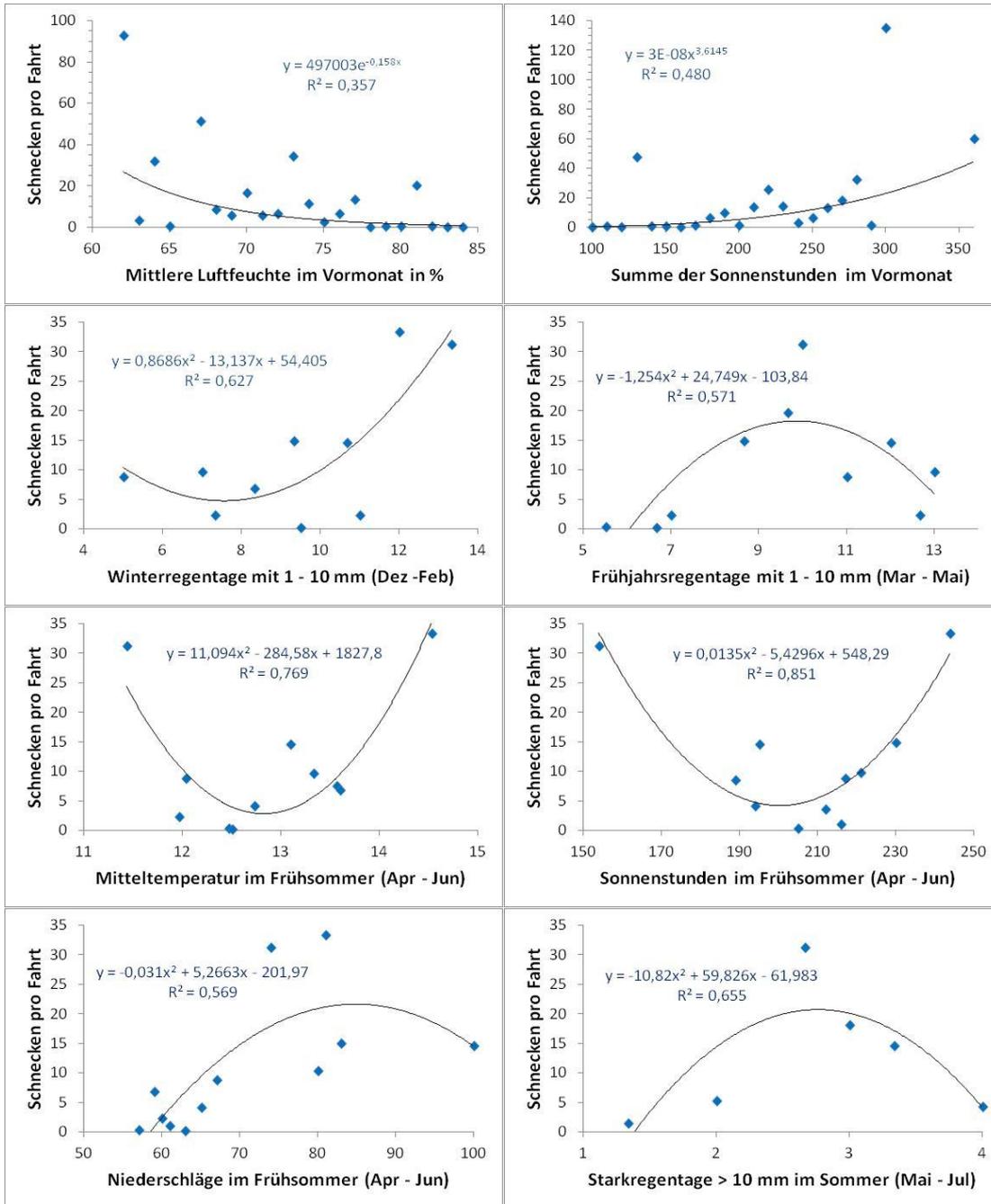


Abb. 10: Abhängigkeit der Schneckenvorkommen von Witterungsverläufen. Für Bestandsentwicklungen vorteilhaft sind sonnenarme Vormonate mit einer mittleren Luftfeucht von 60 – 70 %, viele Regentage mit mäßigem Niederschlag im Vorwinter, im Frühjahr nur etwa 10 solcher Tage, im Frühsommer entweder sonnenarme, relativ kühle oder sonnenreiche, warme Verhältnisse bei Niederschlagssummen von 75 bis 85 mm pro Monat und von Mai bis Juli 3 Starkregentage.



Lebensraumqualität im Straßenraum

Straßenführung und Straßenrandgestaltung wirken sich auf Nacktschnecken und Weinbergschnecken sehr unterschiedlich aus. Nacktschnecken erscheinen bei schmalen Straßenböschungen tendenziell eher auf Straßen als bei breiten Straßenrändern, während dies bei Weinbergschnecken umgekehrt ist. Weinbergschnecken reagieren zudem auch positiv auf typische Dammsituationen mit breiten, beidseitigen Steilböschungen, besonders bei Trassen in Plateau- und Tallagen (in nur Straßenparameter berücksichtigenden Modellen hohe Modellbeiträge vor allem von

Steilböschungen). Dies ist möglicherweise eine strukturelle Folge ihres Verbreitungsschwerpunkts im Ampertal. Allerdings steigt bei solchen Straßenprofilen auch die Luftfeuchte an den Dammböschungen (Bauer 1974), je nach Exposition auch an den beiden Straßenseiten unterschiedlich (Mader 1987). Auf Fahrbahnseiten bezogen meiden Nacktschnecken auf der untersuchten Trasse vor allem breite, über Fahrbahnniveau liegende Straßenränder, wobei die Fahrbahn dann auch als Barriere wirken kann.

Modellergebnisse

Integrative Modelle lassen statistisch aussagekräftigere und quantitativ besser bewertbare Aussagen zur Reaktion von Schneckenpopulationen auf Umwelteinflüsse zu als grafische Darstellungen von isoliert betrachteten Ergebnissen, auch wenn diese für die finale Interpretation und Umsetzung des Gesamtergebnisses unverzichtbar sind.

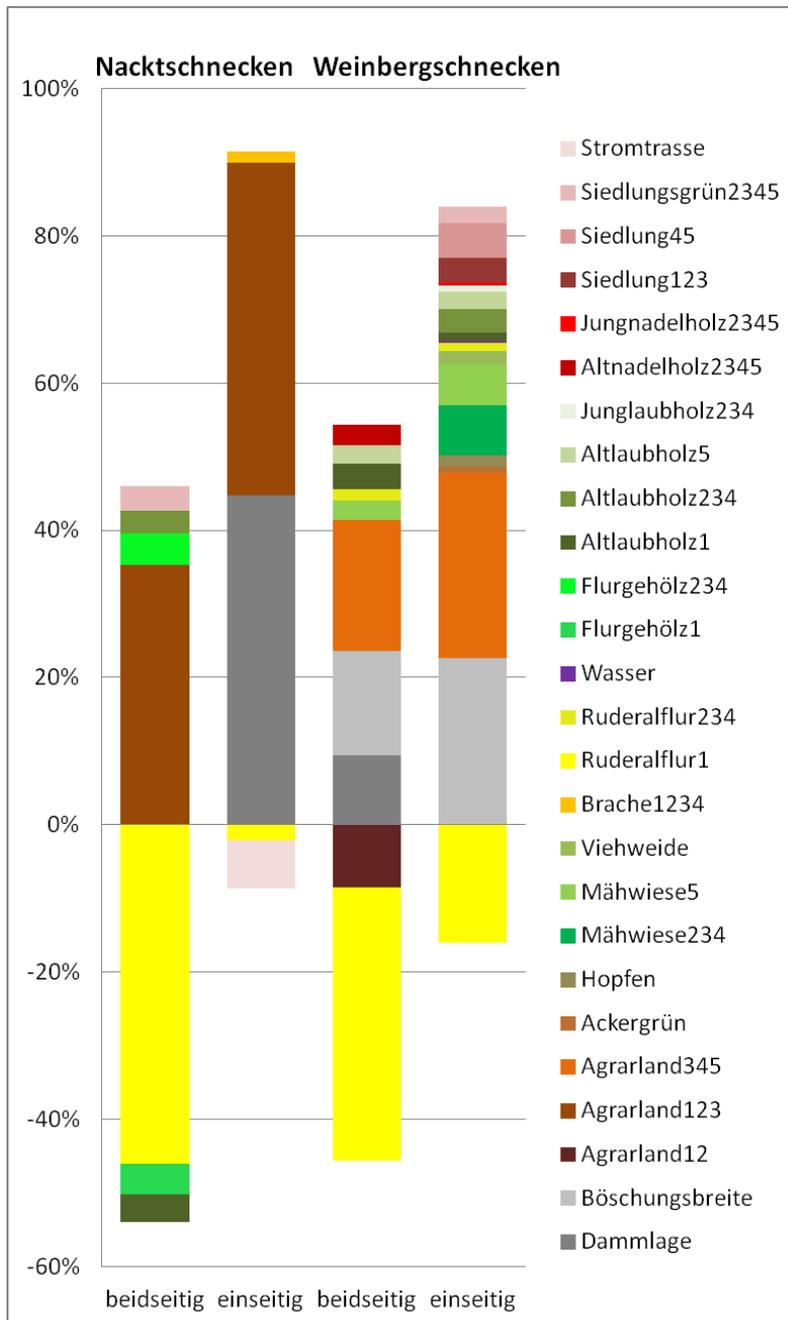
Polynomische Regressionsgleichungen wurden dazu über am jeweiligen Optimum ausgerichtete Relationen in lineare Beziehungen transformiert. Bei der Windrichtung und der Niederschlagsart geschah dies durch Sortierung der Kategorien zu einem Westwindindex (Ostwind = 1, Nord- oder Südwind = 3, Westwind = 5, Halbsektoren 2 bzw. 4) und zu einem Niederschlagsindex mit (1) trocken, (2) ohne Bodenvernässung (Tau, Hagel, Schnee), (3) hohe Luftfeuchte (Nebel, gewitterschwül), (4) Dauerniederschlag (Sprüh-, Dauerregen) und (5) Kurzzeitniederschlag (Regenschauer). In Bestandsabschätzungen über Modelle wirken Tageswetterdaten vor allem als Korrektiv für unterschiedlich gute Erfassungsbedingungen.

Abb. 11 visualisiert die Modellergebnisse für die Abhängigkeit der Nackt- und Weinbergschneckenverkommen von der **Lebensraumqualität**, die durch die **Landnutzungsmatrix** (unter Berücksichtigung der Straßen-

nähe) und die **Straßenform** geprägt wird (Modellgleichungen siehe Anhang 2). Dies erfolgt sowohl unter einseitigen als auch beidseitigen Landschaftsbezügen. Da die Schneckenabundanzen auf den beiden Fahrbahnseiten zum Teil unterschiedlich sind (Abb. 5, Abb. 6, Abb. 7) wäre zu erwarten, dass einseitige Landschaftseinflüsse schärfer von den Modellen abgebildet werden als fahrbahnübergreifende, vor allem bei wenig mobilen Tiergruppen wie Schnecken. Die bei einseitiger Betrachtung niedrigeren R^2 -Werte gehen allerdings vor allem auf die Verdopplung des Datensatzes mit entsprechend häufigeren Nullwerten zurück und sind nur zwischen den zwei Schneckengruppen vergleichbar. Hier ist der Erklärungswert von Lebensraumparametern für Weinbergschnecken erheblich höher als für Nacktschnecken.

Hohen Nacktschneckendichten werden auf Fahrbahnen überwiegend vom hohen Agrarflächenanteilen im 50 m – Band um Straßen bedingt, wobei altgrasreiche, nur im Rahmen der Straßenrandpflegearbeiten gemähte Ruderalfluren (meist Brennessel-Glatthaferfluren mit August/Septembermahd und nur 30 cm breitem, 2-mähdigen Breitwegerich-Löwenzahl-Säumen; STOTTELE 1989) als Barriere wirken, vor allem an trockenen, über das Fahrbahnniveau ansteigenden Böschungen.

Abb. 11: Positiver bzw. negativer Einfluss von Straßenausprägung und Landnutzungsmatrix auf die Aktivitäten und Dichten von Nackt- und Weinbergschnecken, dargestellt anhand der relativen Modellbeiträge (vgl. Anhang 2, und Tab. 1). Ziffern hinter den Parametern beziehen sich auf Entfernungsbänder zur Straße mit 1 = bis 5 m, 2 = 6 - 20 m, 3 = 21 - 50 m, 4 = 51 - 100 m, 5 = 101 - 200 m (ohne Ziffer alle 5 Bänder).



Auf die Nacktschneckenanzahlen positiv wirken sich einseitig auch Agrarbrachen im 100 m – Bereich aus, was wegen der Beschränkung von Brachen auf nur 4 Transektabschnitte auf einen sehr viel stärkeren Einfluss hindeutet, als er statistisch nachweisbar ist. Beidseitig erhöhen mindestens 5 m entfernte Flurgehölze, Laubhochwälder (direkt am Straßen-

rand negative Auswirkungen!) und Siedlungsgrün (Gärten etc.) die Nacktschneckenabundanz ebenfalls. Während die auf Refugialfunktionen zurückzuführende Abhängigkeit von Gehölzen in Abb. 3 noch erkennbar ist (positiver Einfluss nur im Vergleich von Transekten mit durchschnittlichen und geringen Schneekendichten) wird der schwache

positive Einfluss von Siedlungsgrün (eventuell ebenfalls Refugialfunktion von Gärten etc.) erst im Modell erkennbar.

Weinbergschnecken benötigen dagegen breite, dammartige, infolge regelmäßiger Pflegemahd altgrasarme Straßenrandsituationen und komplexe Lebensräume. Diese Art reagiert stark negativ auf agrarische Nutzung im Straßennahbereich. Hohe Agrarlandanteile im 20 – 200 m –Band wirken sich aber bereits positiv aus, desgleichen hohe Grünlandanteile in jeder Form (auch die abseits des unmittelbaren Straßenraumes meist feuchten oder vegetationsarmen Ruderalflächen bzw. Hopfengärten), aber auch Laubhochwald und Siedlungen (vor allem in größerer Entfernung).

Bei Kombination von Lebensraum- und

Witterungsabhängigkeiten zeigen die **Klima-Lebensraum-Modelle**, dass Nacktschnecken deutlich komplexer auf Wetterbedingungen und besonders Witterungsverläufe reagierten als Gehäuseschnecken, die sich bei schwierigen Verhältnissen in ihren Gehäusen einkapseln können (vgl. unterschiedliche Anzahl und höhere Modellbeiträge relevanter Klimaparameter in Abb. 10 und Modellgleichungen im Anhang 2). Ein Vergleich von ein- und beidseitigen Modellen weist darauf hin, dass sich bei Nacktschnecken der Tageswettereinfluss auf die Aktivitäten und der Einfluss von Witterungsverläufen auf Bestände vor allem lokal auswirkt, während Habitatqualitäten eher auf höherer Raumebene greifen (Tab. 1).

Tab. 1: Modell-Beiträge von Lebensraum- und Klimaparametergruppen zum Erklärungswert von Schneckenvorkommen in % (vgl. Anhang 2).

Gruppe	Nacktschnecken		Weinbergschnecken		Gehäuseschnecken sp.	
	zweiseitig	einseitig	zweiseitig	einseitig	zweiseitig	einseitig
Lebensraum	41,0	21,1	94,9	89,9	88,7	61,4
Straße mit Rand	19,2	15,8	68,0	50,4	53,0	57,9
Landnutzung	21,8	5,3	26,9	39,5	35,8	3,5
Klima	59,0	78,9	5,1	10,1	11,3	38,6
Tageswetter	13,2	18,8	0	2,7	3,9	13,0
Monatswetter	2,3	3,1	3,6	6,2	2,2	7,7
Witterungsverlauf	43,5	57,1	1,5	1,2	5,2	17,9

Dabei bestätigen sich von den Lebensraumansprüchen her nur die Präferenzen für schmale, gepflegte, unter Fahrbahnniveau liegende Böschungen ohne verfilzte Ruderalsäume bei möglichst direkt angrenzenden Agrarflächen (50 m – Band) oder Agrarbrachen, wobei letztere im Untersuchungsgebiet kaum eine Rolle spielen. Gegenüber den reinen Lebensraummodellen auffällig ist die unabhängig von der Straßenseite unter Wettereinfluss erheblich größere Bedeutung von mindestens 5 und höchstens 100 m von der Fahrbahn entfernten Flurgehölzen, die vermutlich bei ungünstigen Witterungsverläufen Refugien darstellen, von denen aus nach Bestandseinbrüchen infolge z.B. trockener, heißer Jahre eine Rückbesiedlung der Agrarlebensräume erfolgen kann. Weniger stark gilt dies vermutlich auch für Laubhochwald (vgl. Abb. 10). In

sehr geringem Ausmaß reduzieren auch sehr nahe an die Straße heranreichende Laubwälder oder benachbartes Siedlungsgrün die Nacktschneckendichten auf der Straße. Da solche Habitate abseits von Straßen von Nacktschnecken in meist hohen Dichten besiedelt werden ist zu vermuten, dass im Agrarland Nacktschnecken auf der Suche nach neuen Nahrungsquellen besonders intensiv und ungerichtet wandern (laut Modell bis zu 50 m), während sie in Gärten oder reifen Laubwäldern eher stationär sind bzw. dort vor allem zuwandern.

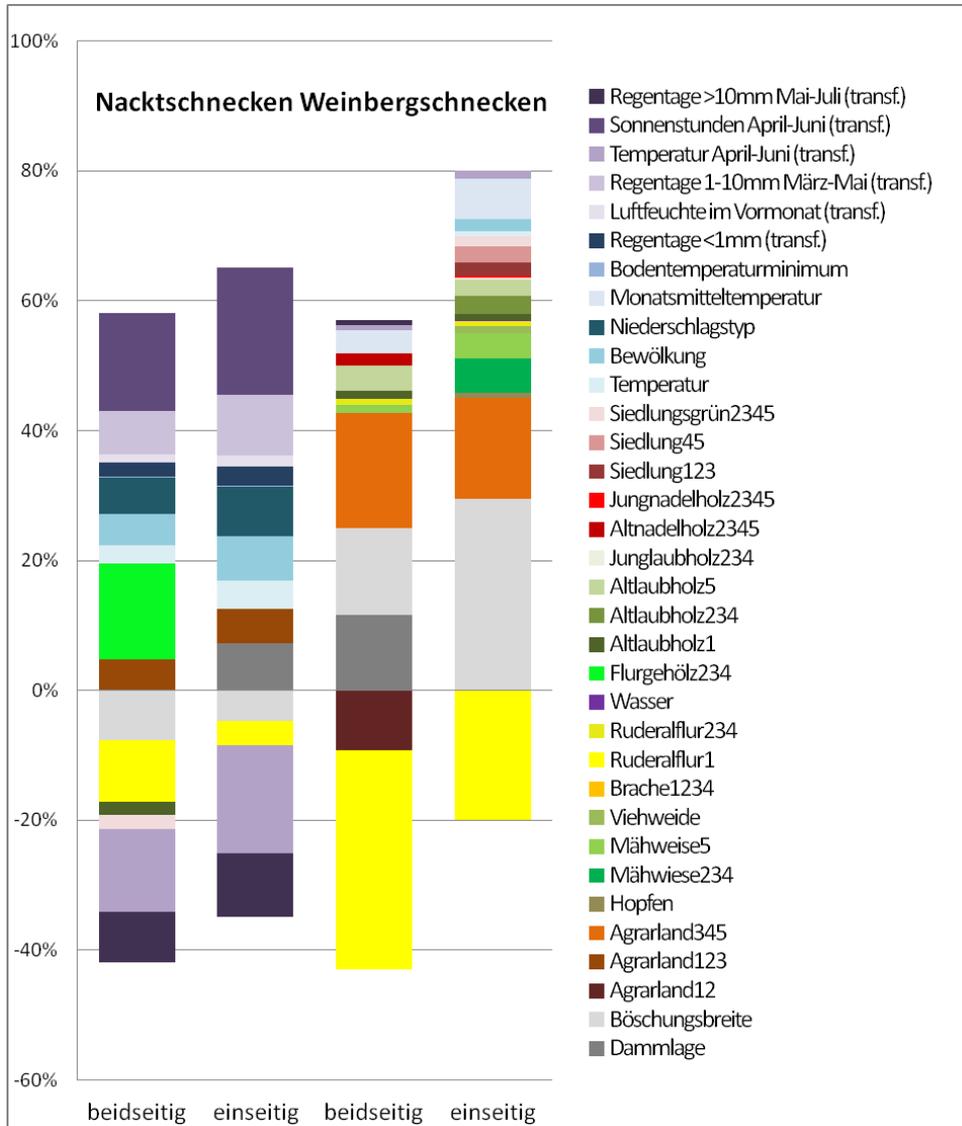
Nacktschnecken erscheinen auf Straßen besonders an warmen (Optimum 17 °C; vgl. Abb. 8), regnerischen Tagen mit vielen Regenpausen (optimales Wanderwetter bei dichter Bewölkung und Schauerstätigkeit; vgl. Abb. 8), wobei hier die im einseitigen Modell deut-

lich höheren Beiträge (Tab. 1) darauf hinweisen, dass dieses besser die Größe lokaler Vorkommen widerspiegelt. Die durchschnittlichen Wetterbedingungen um den Zählzeitpunkt (Monatswetterwerte) spielen dagegen kaum eine Rolle. Positive Auswirkungen zeigen hier am ehesten noch sehr viele Schwachregentage bei im Vormonat eher niedriger Luftfeuchte (vgl. Abb. 10), während lange, heiße Trockenphasen oder regenreiche, kalte Schlechtwetterperioden negative Folgen haben (vgl. GORAN 1979, S. 103). Ob es aber in einem Jahr besonders viele Nacktschnecken gibt hängt ganz überwiegend vom langzeitlichen Wetterverlauf ab. Laut Modell sind Gradationen vor allem dann zu erwarten, wenn es von Anfang März bis Ende Mai an etwa 30 Tagen mäßigen Niederschlag von 1 – 10 mm gab, der Frühsommer (April – Juni) mit Durchschnittstemperaturen von 13 °C (Beitrag negativ; niedrigere oder höhere Temperaturen führen zu sinkenden Schneekendichten!) und deutlich von 200 Sonnenstunden pro Monat abweichenden Werten (Beitrag positiv; viele Schnecken bei sehr wenig oder sehr viel Sonne!) entweder warm-feucht oder kühl-sonnig war und es nach so einem Wettervorlauf im Sommer (Mai – Juli) entweder nie oder deutlich öfters als an 9 Tagen stark geregnet hat (Niederschläge von > 10 mm). Das August- und Herbstwetter hat keinen Einfluss mehr. Die Ergebnisse der linearen Modelle unterscheiden sich bezüglich der langzeitlichen Witterungseinflüsse auf Schneckenpopulationen zum Teil deutlich von den über Regressionen ermittelten unifaktoriellen Beziehungen (vgl. Abb. 10). Dies signalisiert, dass sich diese Witterungsverläufe in optimalen *Arion lusitanicus* –Habitaten (laut Modell Agrarland mit Flurgehölzen) im Vergleich zu weniger geeigneten Habitaten z.T. gegenläufig auswir-

ken. So können in letzteren 2 bis 3 sommerliche Starkregentage pro Monat in Verbindung mit sehr kühlen oder sehr warmen Frühsommern bei im Mittel 200 Sonnenstunden pro Monat durchaus hilfreich sein (vgl. Optima bzw. Pessima in Abb. 10 und negative bzw. positive Modellbeiträgen der transformierten Parameter in Abb. 12). Optimale Habitatstrukturen können somit witterungsbedingte Populationseinbrüche abpuffern.

Im Gegensatz zu den Nacktschnecken orientieren sich Weinbergsschneckenvorkommen stark an Kleinstrukturen (Straßenraum) und der lokalen Landnutzungsmatrix (eher inselartige Vorkommen). Die Modellgleichungen zu dieser Art (Anhang 2) beschreiben im Wesentlichen die Verhältnisse am Südrand des Ampertales, in dem die Landschaft im Gegensatz zum nördlichen Teil noch kleinflächig und naturnah strukturiert ist (viele als modellrelevant selektierten Habitatparameter bei überwiegend eher extensiven Nutzungsarten). Bei dieser größten Gehäuseschneckenart Mitteleuropas spielen Klimabedingungen und Wettergeschehen im Gegensatz zu den kleineren Gehäuseschnecken (Tab. 1) nahezu keine Rolle. Negativ auswirken dürften sich allenfalls langfristig sehr niedrige Durchschnittstemperaturen. Dies könnte bedeuten, dass die Arealgrenzen dieser Art in Mitteleuropa durch die regionalen Jahresmitteltemperaturen in der Vegetationsperiode bestimmt werden. Wichtig sind vor allem lokal vernetzte, hohe Standortqualitäten der Lebensräume mit offenen, breiten, dammartigen Böschungen (ohne hochwüchsige, geschlossene Ruderalvegetation) und ohne direkt angrenzende Agrarflächen, während über 20 m entferntes Agrarland positiv zu beeinflussen scheint. Die Fahrbahn selbst stellt vermutlich für Weinbergsschnecken eher eine Lebensraumbarrriere dar.

Abb. 12: Abhängigkeit von Nackt- und Weinbergschnecken in kombinierten Lebensraum-Witterungsmodellen (vgl. Anhang 2 und Tab. 1). Nackt- und Weinbergschnecken unterscheiden sich vor allem in ihren Reaktionen auf Witterungsverhältnisse, Straßenrelief und Habitatdiversität. Im Vergleich zu Abb. 11 besonders auffällig ist die starke positive Reaktion von Nacktschnecken auf nahe Flurgehölze (beidseitiges Modell), sobald Witterungseinflüsse mitberücksichtigt werden (Refugialeffekte).



Verkehr und Unfallraten

Die Nachweiszahlen von vitalen Schnecken, toten Schnecken (Verkehrsoffer) und während der Zählungen beinahe getöteten bzw. überfahrenen Schnecken waren hoch korreliert (Spearman; r-Werte zwischen 0,67 und 0,71). Somit gibt es im Gegensatz zu Wirbeltiergruppen bei Schnecken keine Korridore, die für Straßenquerungen bevorzugt und dadurch zu Unfallzentren werden (vgl. u.a.

FUELLHAUS et al. 1989). Maßnahmen zur Reduzierung der Verkehrsofferzahlen von Schnecken sind daher nur dort sinnvoll, wo auf der Fahrbahn hohe Schneekendichten auf große Populationen in Straßenböschung und angrenzender Landschaft hinweisen. Bezüglich der Nacktschnecken, bei denen überwiegend *Arion lusitanicus* betroffen war, ist dies wegen der Gradationen kaum möglich und

auch aus Artenschutzgründen nicht erforderlich. Bei gefährdeten Nacktschneckenarten wie Schneegeln sähe dies anders aus. Solche Arten sind aber wie die Weinbergschnecken eher lokal und auf Kleinstandorten zu erwarten.

Bei der geschützten Weinbergschnecke sind die Verlusten durch den Straßenverkehr mit 11 Tieren in 1705 Fahrten (13 % aller Nachweise) und 20 beinahe überfahrenen Schnecken (bei angepasster Fahrgeschwindigkeit kann man meist ausweichen!) sehr gering (bei Nacktschnecken 44 % Verkehrsoffer!). Selbst wenn die auf das südliche Amperstal beschränkten Schwerpunktorkommen der Weinbergschnecke große Populationen beinhalten sollten scheinen die Tiere die Straße nur selten zu überqueren, obwohl Tageswegstrecken von bis zu 118 m bekannt sind und die Tiere in Markierungsexperimenten nach

längeren Zeitspannen häufig an den Markierungsort zurückkehren (KERKHOFF 1989). Bei den kleineren Gehäuseschnecken scheinen vor allem Bänderschnecken wie *Cepaea hortensis* besonders intensiv zu wandern (KERKHOFF 1989). Auch Nacktschnecken können ab Juni/Juli gerichtet über Korridore zu attraktiven Nahrungsgebieten kriechen (UTSCHICK 1990).

Lokale Probleme durch den Straßentod querender Weinbergschnecken sind mittlerweile vernachlässigbar, da 2013 für den gesamten, für Weinbergschnecken relevanten Trassenbereich (T85-109) wegen zahlreicher Verkehrsunfälle (häufig Wildunfälle, im Winter glatte Fahrbahnen, im Vorfrühling und Herbst intensive Amphibienwanderung) die zulässige Fahrgeschwindigkeit durch verkehrsrechtliche Maßnahmen auf maximal 60 bzw. 70 kmh gedrosselt wurde.

Diskussion

Schneckenzählungen aus schnell fahrenden Fahrzeugen sind mit Unschärfen belastet, da Verkehrssicherheit und Unfallvermeidung Vorrang haben. Dies bedeutet, dass Determinationen und Abundanzschätzungen häufig in Sekundenbruchteilen stattfinden müssen und solche Zählungen nur dann vertretbar sind, wenn eine entsprechende Konzentration und Disziplin des Fahrzeuglenkers gewährleistet ist. Größere, sich über mehrere 100 m hinziehende Nacktschneckenansammlungen konnten daher oft nur geschätzt werden. Dazu kommt, dass die Zuordnung der Daten zu den 180 Zählabschnitten über die 0,1 km – Anzeige des Tachometers erfolgte und damit Abweichungen bis zu 50 m möglich waren (unscharfer Startwert). Bei vielen zeitlich eng aufeinander folgenden Beobachtungen konnte es auch bei der Datenaufnahme vor Ort zu Verzögerungen kommen, die zur Zuordnung zum Folgeabschnitt führten (je nach Fahrtrichtung eine Nummer niedriger oder höher). Damit repräsentieren die Daten zu einem Abschnitt auch teilweise die Verhältnisse in den beiden angrenzenden Abschnitten (im Prinzip

gleitendes Mittel mit stärker gewichtetem Mittelabschnitt).

Über einen 15-Jahres-Zeitraum nur bedingt erfassbar war auch die jeweils aktuelle Landnutzungsmatrix, da sich diese im Agrarland durch Fruchtwechsel, neue Baugebiete, nachhaltige Waldbewirtschaftung oder im straßen nahen Bereich durch Pflegearbeiten ständig veränderte. Die 1992 sehr detailliert aufgenommene Ausstattung an Landnutzungsarten und Kleinstrukturen wurden daher nachträglich in Landnutzungskategorien mit „verwandten“ Nutzungstypen abstrahiert. Dies hat sich aber nicht erkennbar auf die Ergebnisse ausgewirkt.

Die okulare Abschätzung der Nutzungsartenanteile in den Entfernungsbändern (Anhang 1) benötigte nur einen Arbeitstag. Eine Alternative dazu mit sehr viel schärferen Flächendaten wäre eine GIS-gestützte, flächenscharfe Auswertung von aktuellen Luftbildern mit Polygonisierung und Verifizierung vor Ort gewesen. Wegen des dabei um ein Vielfaches höheren Aufwands war dies aber nicht sinnvoll, zumal die Aktualisierung zugänglicher

Luftbilder nicht alljährlich bzw. systematisch erfolgte und jedes Jahr zusätzliche, aufwendige Flächenbegehungen auf 7,2 km² erforderlich geworden wären. Bei Langzeitzählungen ist es daher sinnvoll, sich auf die Verortung weniger, wesentlicher Landschaftselemente und Nutzungstypen zu beschränken und dadurch entstehende Unschärfen bei den Fauna-Landschaftsbezügen in Kauf zu nehmen.

Die Modellergebnisse unterstreichen die unterschiedlichen Raumnutzungsstrategien von ubiquitären Nacktschnecken (flächige Vorkommen) und eher auf Kleinstandorte spezialisierten Gehäuseschneckenarten (ge-

klumpte Verteilungen; UTSCHICK 1987) bzw. von zu Massenvermehrungen neigenden r-Strategen und eher stationären K-Strategen. Solche Straßenzählungen könnten daher vor allem im Vergleich zu Mitteleuropa weniger gut bearbeiteten Faunen zur Charakterisierung von Tierarten bezüglich ihrer Populationsmuster und Konkurrenzstrategien beitragen. Gleiches gilt für den Einfluss langzeitlicher Witterungsverläufe auf Populationsentwicklungen in Abhängigkeit von der Habitatqualität. Wegen der dafür erforderlichen langen Zählreihen sind hierfür von der Effizienz her besonders Straßenzählungen geeignet.

Zusammenfassung

Straßenzählungen sind eine bewährte Methode, um das für die Entwicklung von natur- schutzfachlichen Schutzstrategien entscheidende Raum-Zeit-Verhalten von Tierpopulationen über größere Gebiete und Zeiträume zu analysieren. Dies sollte auch für größere, von Fahrzeugen aus erfassbare Schneckenarten gelten.

1992 bis 2006 wurden von April bis Oktober in einem 40 km nördlich von München gelegenen, 18 km langen Straßenstück auf 1705 Fahrten abschnittsweise (je 100 m) und unter Berücksichtigung der Straßenseite alle größeren Schnecken gezählt (18994 Nacktschnecken, meist *Arion lusitanicus*, 85 Weinbergschnecken *Helix pomatia* und 38 sonstige Gehäuseschnecken, meist *Cepaea*-Arten).

Anschließend wurde mittels Regressionen und linearen Modellen geprüft, inwieweit Tageswetterbedingungen, Trassenführung, Straßenprofil, Straßenrandgestaltung und die Lebensräume der angrenzenden Landnutzungsmatrix in bis 5, 20, 50, 100 und 200 m breiten Entfernungsbändern beidseits der Fahrbahn die Schneckenaktivitäten im Straßenraum beeinflusst haben und wie sich Wetter und langzeitliche Klimaverläufe auf die Verteilung und Populationsdynamik der lokalen Schneckenbestände ausgewirkt haben.

Während sich die Weinbergschnecken auf einen 3,5 km langen, reich strukturierten

Flusstalabschnitt (Amper und Amperleite) konzentrierten traten Nacktschnecken auf der gesamten Trasse auf, allerdings mit besonders in Gradationsjahren lokalen Verdichtungen, wobei hier in verschiedenen Jahren unterschiedliche Orte betroffen waren.

Die Ergebnisse bestätigen, dass Schneckenaktivitäten im Wesentlichen von der relativen Luftfeuchte abhängen bzw. durch Ereignisse ausgelöst werden, die bei nicht zu niedrigen Temperaturen zu steigender relativer Luftfeuchte führen (abendliche Abkühlung, Kurzzeittiederschläge, dichte Wolkendecke, feuchte Westwindlagen, schwüles Wetter). Auch Vollmond fördert die lokomotorischen Aktivitäten von Schnecken.

Der Einfluss von kleinräumigen Lebensraumqualitäten ist nur bei Gehäuseschnecken hoch, wobei auch hier luftfeuchtes Mikroklima (Fahrdammsituationen) positiv beeinflusst. Gepflegte, offene, breite Straßenböschungen in Verbindung zu reich strukturierten, relativ naturnahen, auenartigen Landschaften im Straßenumgriff sind vor allem für die Weinbergschnecke geeignete Lebensräume, während direkt angrenzendes Agrarland negativ wirkt. Nacktschnecken befanden sich überwiegend dann auf der Fahrbahn, wenn nur sehr schmale, nicht durch verfilzte Ruderal-säume abschottende Straßenränder direkt an Agrarflächen grenzten, die sich bis zu einer

Entfernung von 50 m positiv auf die Dichten niederschlugen. Für laubbaumreiche Gehölze und bewässerte Gärten als mögliche Refugien in Trockenperioden gilt dies bis 100 m.

Nacktschnecken sind deutlich stärker auf günstige langzeitliche Witterungsverläufe angewiesen als Gehäuseschnecken. Lokale Verdichtungen sind dabei vermutlich die Folge davon, dass innerhalb des Spektrums an schneckenrelevanten Habitattypen gleiche Witterungsverläufe zu unterschiedlichen Lebensraumqualitäten führen. Entscheidend sind dabei vor allem die Verläufe über längere Zeiträume, wobei die Weichen für eine Gradation bereits im Vorfrühling gestellt werden. Optimal hierfür sind von März bis Mai etwa 30 Regentage mit Niederschlägen von nur 1 – 10

mm, ein Frühsommer (April – Juni), der mit Durchschnittstemperaturen von 13 °C bei unter 170 oder über 230 Sonnenstunden pro Monat entweder warm-feucht oder kühl-sonnig war und entweder keine oder über 9 Starkregentage von Mai bis Juli. Bei der Weinbergschnecke entscheiden kleinräumige Standortqualitäten und der Vernetzungsgrad der Lebensräume über die Größe der Vorkommen.

Verluste durch den Straßenverkehr korrelieren bei Großschnecken mit der Größe von Verdichtungscentren. Für die Weinbergschnecke wurden sie im am stärksten betroffenen Straßenabschnitt durch verkehrsberuhigende Maßnahmen reduziert.

Summary

Structured road transect counts of slugs and snails may guide to key factors for activity patterns and population trends in landscape space and time.

Road transect counts are best practice for analyzing space-time-patterns of animal populations on larger scales and for the development of nature protection strategies. This should be appropriate too for big slug- or snail-species.

From 1992 to 2006 (April to October), 18994 slugs (mainly *Arion lusitanicus*), 85 *Helix pomatia* and 38 further snails (mostly *Cepaea spec.*) were counted during 1705 car trips of 18 km length in a landscape 40 km north of Munich. The road transect was split in 180 sections of 100 m and by the two lanes.

Using regression analysis and linear models, the influence of actual weather conditions, road alignment, road profile, roadside conditions, adjacent landscape structure (belts of 5, 20, 50, 100 and 200 m), monthly weather conditions and longtime weather development on the distribution and dynamics of local mollusk populations was analyzed.

Most of the *Helix pomatia* individuals were found along a rich structured transect of 3.5 km near the Amper river and the adjacent, forested precipices of the Amper valley, while

Arion lusitanicus was found anywhere with local aggregations especially during outbreaks, which happened at different places from year to year.

The results confirm that slug- and snail activities depend on relative air humidity and are initiated by weather effects, which cause increasing air humidity under warmer conditions (evening cooling, short showers, cloudy sky, sticky or moist west wind conditions). Full moon too stimulates slugs and snails moving.

For *Helix pomatia*, the influence of small scale habitat qualities is high, but a humid air microclimate too is important (i.e. roads on dams). Best advance show open, managed, broad road slopes in combination with rich structured, riverine landscape close to nature, but adjacent agricultural areas keep that species away. In contrast, many *Arion lusitanicus* were found on the road when the road margins were narrow and without dense ruderal vegetation, escorted by an adjacent agricultural belt of 50 m, and small woods with leaf trees or watered gardens within a belt of 100 m.

Slugs depend much more on long-lasting weather favorable conditions than snails. Local aggregations of the slugs are probably caused by diverging habitat quality effects of a distinctive weather chart on different slug habitat types. Long time weather development especially during the preceding early spring period is essential for *Arion lusitanicus* breakouts. Favorable are about 30 days with a precipitation of 1 – 10 mm from March to May, in early summer (April to June) either warm and moist or cool and sunny conditions and an average temperature of 13 °C and few (< 170)

or much (> 230) monthly sun hours, and from May to July no or more than 9 days with heavy rain (> 10 mm). Most important for the local size of the populations of *Helix pomatia* are small scale habitat qualities and landscape connectivity.

In communities of big slugs or snails, traffic skill frequencies depend on the local animal densities (no favored corridors). The death rate of *Helix pomatia* was reduced in 2013 by slowing traffic velocity in the main distribution area of this species.

Literatur

- BAUER, H.J. (1974): Belastung der Landschaft durch Straßenverkehr. Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege in Nordrhein-Westfalen. Seminarbericht 1974: 29 - 39.
- BAXTER-GILBERT, J., J. RILEY, C. NEUFELD, J. LITZGUS & D. LESBARRERES (2015): Road mortality potentially responsible for billions of pollinating insect deaths annually. *Journ. Insect Conservation* 19: 1029-1035.
- BHATTACHARYA, M., R.B. PRIMACK & J. GERWEIN (2003): Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area? *Biol. Conserv.* 109: 37 - 45.
- CLEVENGER, A.P., B. CHRUSZCZ & K.E. GUNSON (2003): Spatial patterns and factors influencing small vertebrate fauna road-kill aggregations. *Biol. Conserv.* 109: 15 - 26.
- DORMANN, K. (2012): http://www.biom.uni-freiburg.de/mitarbeiter/dormann/dormann2012_statistik-skript.pdf
- FACKELMANN, C. (2012): Vogel- und Säugetierverluste an einem Teilstück der Bundesautobahn 8 im Jahres- und Streckenverlauf. *Ornithol. Anz.* 51: 1 - 20.
- FUELLHAUS, U., C. KLEMP, A. KORDES, H. OTTERSBERG, M. PIRMAN, A. THIESSEN, C. SCHOETSCHEL & H. ZUCCHI (1989): Untersuchungen zum Straßentod von Vögeln, Säugetieren, Amphibien und Reptilien. *Beitr. Naturk. Niedersachsens* 42: 129 - 147.
- GODAN, D. (1979): Schadschnecken. Ulmer, Stuttgart, 467 S.
- HYLANDER, K., C. NILSSON & T. GÖTHNER (2004): Effects of buffer-strip retention and clearcutting on land snails in boreal riparian forests. *Conserv. Biol.* 18: 1052 -1062.
- Institut für Naturschutz und Tierökologie (1977): Tierwelt und Straße – Problemübersicht und Planungshinweise. *Jahrbuch für Naturschutz und Landschaftspflege* 26: 91 - 115.
- KALISZ, P.J. & J.E. POWELL (2003): Effect of calcareous road dust on land snails (Gastropoda: Pulmonata) and millipedes (Diploda) in acid forest soils on the Daniel Boone National Forest of Kentucky, USA. *For. Ecol. Man.* 186: 177 - 183.
- KARG, J. & L. RYZKOWSKI (1985): Influence of agricultural landscape configuration on the density and stratification of insect flight. *Arch. Naturschutz u. Landschaftsforschung Berlin* 25: 247 - 255.
- KERKHOFF, C. (1989): Untersuchungen an Gastropodenzönosen von Auenwäldern in Süddeutschland. *Diss. Univ. Ulm.* 137 S.
- KUHN, J. (1987): Straßentod der Erdkröte (*Bufo bufo*): Verlustquoten und Verkehrsaufkommen, Verhalten auf der Straße. *Beih. Veröff. Naturschutz u. Landespflege Bad.-Württ.* 41: 175 - 186.

- MADER, H.J. (1987): Straßenränder, Verkehrsnebenflächen – Elemente eines Biotopverbundsystems. *Natur und Landschaft* 62: 296 - 299.
- R Development Core Team (2015): R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <http://www.R-project.org> [Online].
- REICHHOLF, J. (1981): Der Bestandstrend des Feldhasen (*Lepus europaeus Pallas 1778*) und die jahreszeitliche Verteilung der Verluste im Straßenverkehr. *Zeitschr. f. Jagdwiss.* 27: 240 - 246.
- REICHHOLF, J. (1983a): Nehmen die Straßenverluste Einfluss auf die Bestandsentwicklung des Igel (*Erinaceus europaeus*). *Spixiana* 6: 87 - 91.
- REICHHOLF, J. (1983b): Relative Häufigkeit und Bestandstrends von Kleinraubtieren (Carnivora) in Südostbayern. *Ber. ANL* 7: 80 – 83.
- REICHHOLF, J. (2004): Die Wirkung des trockenheißen Sommers 2003 auf eine nicht bekämpfte Stadtpopulation der Spanischen Wegschnecke *Arion lusitanicus (Mabille, 1848)*. *Mitt. Zool. Ges. Braunau* 8: 429 - 438.
- SAARINEN, K., A. VALTONEN, J. JANTUNEN & S. SAARNIO (2005): Butterflies and diurnal moths along road verges: Does road type affect diversity and abundance? *Biol. Conserv.* 123: 403 - 412.
- SMETTAN, H.W. (1988): Wirbeltiere und Straßenverkehr – ein ökologischer Beitrag zum Straßentod von Säugern und Vögeln am Beispiel von Ostfildern/ Württemberg. *Orn. Jh. Bad.-Württ.* 4: 129 - 147.
- STOTTELE, T. (1989): Straßenbegleitgrün aus ökologischer Sicht. *Garten + Landschaft* 5/89: 29 - 36.
- TAYLOR, I.R. & M.C. GRANT (2004): Long-term trends in the abundance of breeding Lapwing *Vanellus vanellus* in relation to land-use change on upland farmland in southern Scotland. *Bird Study* 51: 133 - 142.
- UTSCHICK, H. (1987): Verteilung und Dynamik einer Gartenpopulation der Weinbergschnecke (*Helix pomatia*) im Verlauf einer Vegetationsperiode. *Mitt. Zool. Ges. Braunau* 5: 37 - 42.
- UTSCHICK, H. (1990): Reproduktion und Migration einer durch Bekämpfungsmaßnahmen reduzierten Gartenpopulation der Spanischen Wegschnecke (*Arion lusitanicus*). *Mitt. Zool. Ges. Braunau* 5: 175 - 182.
- UTSCHICK, H., S. Prell & U. Schulz. (2017): „Automobile Entomologie“. Eine Landstraße als landschafts-ökologisches Transekt mit jahrelangen Abundanzmessungen der Insekten auf Autofahrten. *Mitteilungen der DGaE* 21, Halle(Saale). Im Druck.

Verfasser

Dr. Hans Utschick
Lantoldstr. 4
D-85301 Schweitenkirchen

E-Mail: hans.utschick@t-online.de

Anhang 1:

Modelle der Schnecken-Umwelt-Beziehungen mit den R²-Werten der multiplen Regression und der linearen Modelle (Bestimmtheitsmaß LM) und den AIC-Werten (Maß für Modelqualität) im Ausgangsmodell (mit allen potenziell beeinflussenden Parametern unter Verwendung der am stärksten beeinflussenden Entfernungsbändern) und im Endmodell (mit den nach Selektion verbliebenen Parametern). Ziffern hinter den Parametern beziehen sich auf Entfernungsbänder zur Straße mit 1 = bis 5 m, 2 = 6 - 20 m, 3 = 21 - 50 m, 4 = 51 - 100 m, 5 = 101 - 200 m (ohne Ziffer alle Bänder). Signifikanz der Beiträge: *** < 0,001, ** < 0,01, * < 0,05, ! < 0,1 (Trend). [T] = Parametertransformation zur Linearisierung polygonischer Regressionen. In Klammern Modellbeiträge (Produkte der Schätzer mit den durchschnittlichen Ausprägungen der Parameterwerte; Produktsumme auf 100 % normiert).

Lebensraummodelle (Straßenausprägung und Landnutzungsmatrix):

Nacktschnecken beidseitig: $y = 129,945^{***} + 4,2933 \text{ Agrarland}123(35)^{***} - 2,8987 \text{ Ruderalflur}1(-46)^{**} - 3,2819 \text{ Flurgehölz}1(-4,1)^* + 13,9172 \text{ Flurgehölz}234(4,4)^{**} - 6,421 \text{ Laubhochwald}1(-3,8)^* + 3,5067 \text{ Laubhochwald}234(3)! - 8,5397 \text{ Siedlungsgrün}(3,3)2345$ [multiples R² 0,273/0,144, R²LM 0,229/0,197, AIC 1801/1771]

Nacktschnecken einseitig: $Y = 64,7575^{***} + 14,033 \text{ Böschungsabfall}(Dammlage, -45)^* + 0,953 \text{ Agrarland}123(45)^{***} + 1,9298 \text{ Brache}(1,4)1234^* - 0,0232 \text{ Ruderalflur}1(-2,1)! - 37,8145 \text{ Stromleitung}(-6,5)^*$ [multiples R² 0,192/0,128, R²LM 0,170/0,158, AIC 3235/3203]

Weinbergsschnecken beidseitig: $y = -0,7814^{**} + 0,1041 \text{ Böschungsbreite}(14)^{***} + 0,0485 \text{ Dammlage}(9,4)! - 0,0417 \text{ Agrarland}12(-8,5)^{**} + 0,0496 \text{ Agrarland}345(18) + 0,0285 \text{ Mähwiese}5(2,8)^* - 0,0318 \text{ Ruderalflur}1(-37,2)^{***} + 0,1037 \text{ Ruderalflur}234(1,5)! + 0,0802 \text{ Laubhochwald}1(3,5)^{***} + 0,0446 \text{ Laubhochwald}5(2,5)^* + 0,0169 \text{ Nadelhochwald}2345(2,8)$ [multiples R² 0,480/0,349, R²LM 0,418/0,383, AIC 65/55]

Weinbergsschnecken einseitig: $y = -1,8152^{***} + 0,1938 \text{ Böschungsbreite}(23)^{***} + 0,018 \text{ Agrarland}345(25)^{***} + 0,0182 \text{ Ackergrünland}(0,8)^{**} + 0,0231 \text{ Hopfen}(1,5)^{***} + 0,0149 \text{ Mähwiese}234(6,8)^{***} + 0,0142 \text{ Mähwiese}5(5,4)^{***} + 0,018 \text{ Viehweide}(1,8)^{***} - 0,0087 \text{ Ruderalflur}1(-16)^{***} + 0,0198 \text{ Ruderalflur}234(1,1)^* + 0,0327 \text{ Wasserfläche}(0,3)^* + 0,0071 \text{ Laubhochwald}1(1,2)^* + 0,0129 \text{ Laubhochwald}234(3,2)^{***} + 0,0101 \text{ Laubhochwald}5(2,3)^{***} + 0,0166 \text{ Laubjungwald}234(0,9)^{***} + 0,0238 \text{ Nadelhochwald}2345(0,02)^{***} + 0,0189 \text{ Nadeljungwald}2345(0,4)^* + 0,0067 \text{ Siedlung}123(3,3)^* + 0,0091 \text{ Siedlung}45(4,7)^{***} + 0,0232 \text{ Siedlungsgrün}(2,3)^{***}$ [multiples R² 0,327/0,254, R²LM 0,308/0,269, AIC -218/-240]

Kombinierte Lebensraum-Witterungsmodelle:

Nacktschnecken beidseitig: $y = 0,2456 - 0,2125 \text{ Böschungsbreite}(-7,7)^{***} + 0,03 \text{ Agrarland}123(4,8)^{**} - 0,0307 \text{ Ruderalflur}1(-9,4)^* + 0,164 \text{ Flurgehölz}234(15)^{**} - 0,0503 \text{ Laubhochwald}1(-2,1)! - 0,2866 \text{ Siedlungsgrün}2345(-2,2)^{***} + 0,0437 \text{ [T]aktuelle Temperatur während der Zählung}(2,7)! + 0,1334 \text{ Bewölkungsgrad}(4,8)^{***} + 0,5115 \text{ Niederschlagsform}(5,6)^{***} + 0,2198 \text{ [T]Bodentemperaturminimum}(0,1)^{***} + 0,0294 \text{ [T]Anzahl Schwachregentage}(2,2)^{**} + 0,0178 \text{ [T]Luftfeuchte im Vormonat}(1,3)! + 0,092 \text{ [T]Anzahl durchschnittlicher Regentage Mar-Mai}(6,7)^{***} - 0,1662 \text{ [T]Temperatur Apr-Jun}(13)^{***} + 0,2267 \text{ [T]Sonnenstunden Apr-Jun}(15)^{***} - 0,105 \text{ [T]Anzahl Starkregentage Mai-Jul}(-7,8)^{***}$ [multiples R² 0,091/0,088, R²LM 0,090/0,088, AIC 24323/24320]

Nacktschnecken einseitig: $y = -0,4967 - 0,1648 \text{ Böschungsbreite}(-4,7)! + 0,4667 \text{ Böschungsabfall}(Dammlage, -7,3)^{**} + 0,0225 \text{ Agrarland}123(5,2)^{***} + 0,0292 \text{ Brache}1234(0,1)^* - 0,0085 \text{ Ruderalflur}1(-3,8)^* + 0,0467 \text{ [T]aktuelle Temperatur während der Zählung}(4,3)! + 0,1287 \text{ Bewölkungsgrad}(6,8)^{***} + 0,4805 \text{ Niederschlagsform}(7,7)^{***} + 0,2097 \text{ [T]Bodentemperaturminimum}(0,2)^{***} + 0,0267 \text{ [T]Anzahl Schwachregentage}(2,9)^{**} + 0,0175 \text{ [T]Luftfeuchte im Vormonat}(1,8)! + 0,0877 \text{ [T]Anzahl durchschnittlicher Regentage Mar-Mai}(9,4)^{***} - 0,148 \text{ [T]Temperatur Apr-Jun}(17)^{***} + 0,2025 \text{ [T]Sonnenstunden Apr-Jun}(20)^{***} - 0,0911 \text{ [T]Anzahl Starkregentage Mai-Jul}(-10)^{***}$ [multiples R² 0,087/0,084, R²LM 0,086/0,084, AIC 24638/24635]

Weinbergsschnecken beidseitig: $y = -0,4838^{***} + 0,0357 \text{ Böschungsbreite}(13)^{***} - + 0,0221 \text{ Dammlage}(12)^{***} - 0,0166 \text{ Agrarland}12(-9,2)^{***} + 0,0183 \text{ Agrarland}345(18)^{***} + 0,0045 \text{ Mähwiese}5(1,2)^{**} - 0,0106 \text{ Ruderalflur}1(34)^{***} + 0,0261 \text{ Ruderalflur}234(1)^{***} + 0,0101 \text{ Laubhochwald}1(1,2)^{***} + 0,0247 \text{ Laubhochwald}5(3,8)^{***} + 0,0047 \text{ Nadelhochwald}2345(2)^{***} + 0,004 \text{ Tagestemperatur}(3,6)^{***} + 0,001 \text{ [T]Temperatur Apr-Jun}(0,8)^{***} + 0,0009 \text{ [T]Anzahl Starkregentage Mai-Jul}(0,7)!$ [multiples R² 0,481/0,477, R²LM 0,481/0,477, AIC -7982/-7986]

Weinbergsschnecken einseitig: $y = -0,7438^{***} + 0,114 \text{ Böschungsbreite}(30)^{***} + 0,005 \text{ Agrarland}345(16)^{***} + 0,0056 \text{ Hopfen}(0,8)^{***} + 0,0052 \text{ Mähwiese}234(5,3)^{***} + 0,0047 \text{ Mähwiese}(4)5^{***} + 0,0048 \text{ Viehweide}(1,1)^{***} - 0,0049 \text{ Ruderalflur}1(-20)^{***} + 0,0057 \text{ Ruderalflur}234(0,7)^{**} + 0,0054 \text{ Wasser}(0,1)^* + 0,0025 \text{ Laubhochwald}1(0,9)^{***} + 0,0052 \text{ Laubhochwald}234(2,8)^{***} + 0,005 \text{ Laubhochwald}5(2,5)^{***} + 0,0024 \text{ Laubjungwald}(0,3)234^{**} + 0,0059 \text{ Nadelhochwald}2345(0,01)^{***} + 0,0073 \text{ Nadeljungwald}2345(0,3)^{***} + 0,0018 \text{ Siedlung}123(2)^{**} + 0,0022 \text{ Siedlung}45(2,5)^{***} + 0,0073 \text{ Siedlungsgrün}(1,6)^{***} + 0,0009 \text{ [T]aktuelle Temperatur während der Zählung}(0,7)! + 0,004 \text{ Bewölkung}(1,9)^{***} + 0,0054 \text{ Tagestemperatur}(6,2)^{***} + 0,0012 \text{ [T]Temperatur Apr-Jun}(1,2)^{**}$ [multiples R² 0,445/0,437, R²LM 0,443/0,437, AIC -7484/-7489]

Anhang 2, Straßeneinbettung, Böschungscharakter und Landnutzungsanteile auf den linken bzw. rechten Straßenseiten in den 180 je 100 m langen Transektabschnitten T von Schweitenkirchen (T1) nach Freising (T180). 1 – 5: Landschaftsbänder mit prozentualen Anteilen der Landnutzungsarten in Entfernungen von der Fahrbahn bis 5, 20, 50, 100, 200 m.

- Landnutzung**
- Gewässer
 - Laubwald alt
 - Laubwald jung
 - Nadelwald alt
 - Nadelwald jung
 - Flurgehölze
 - Agrarland
 - Ackergrünland
 - Hopfengarten
 - Mähwiese
 - Viehweide
 - Brache
 - Ruderalflur
 - Siedlungsgrün
 - Siedlung
- # Stromleitung
 ** >5< * Gehölzelemente
 ~ Kleingewässer
- Straßencharakter**
- K Kuppenlage
 - H Steigung
 - F Flachhang
 - E Ebene
 - S Muldenlage
 - Tiefböschung, steil
 - Tiefböschung, flach
 - ~ Hochböschung, steil
 - ~ Hochböschung, flach
 - 1-5 Böschungsbreite in m

T	5	4	3	2	1	Strasse	1	2	3	4	5	T	5	4	3	2	1	Strasse	1	2	3	4	5	T	5	4	3	2	1	Strasse	1	2	3	4	5	
60						3 F 1						120						H 4						180										K		
59						3 F 1						119						H 2						179										F		
58						1 S 1						118						3 H 1						178										5 F		
57						1 S 5						117						H 5						177										K		
56						5 F 3						116						1 K 2						176										5 K 5		
55						4 K 4						115						K 1						175										5 K 5		
54						4 K 4						114						K						174										5 K 5		
53						2 K 1						113						K						173										H		
52						2 K 1						112						K						172										1 S 4		
51						2 K 3						111						2 F 1						171										5 H 5		
50						4 F 2						110						3 F 5						170										5 H 3		
49						5 S 5						109						5 F						169										5 F 3		
48						2 F 2						108						2 H 4						168											5 K 5	
47						K 1						107						5 H 5						167										5 K 5		
46						2 K 1						106						5 H 5						166										5 K 2		
45						4 F 2						105						5 H 5						165											5 F 5	
44						4 S 3						104						H 5						164											5 F 5	
43						1 K 5						103						5 H 5						163											5 F 5	
42						1 K 4						102						5 H 5						162											5 F 5	
41						2 F 2						101						F 3						161											5 F 5	
40						5 S 2						100						5 F 2						160											5 F 5	
39						5 F 3						99						5 F 5						159											5 F 5	
38						5 F 3						98						5 F 5						158											F 5	
37						2 K 2						97						1 F 5						157											5 F 5	
36						K 2						96						5 E 5						156											5 F 2	
35						K 3						95						4 E 5						155											5 F 5	
34						5 K						94						5 E 5						154											5 F 5	
33						2 F 5						93						5 E 5						153											5 F 5	
32						1 F 4						92						5 E 5						152												5 F 5
31						4 F						91						5 E 5						151												5 F 5
30						1 H 5						90						5 E 5						150												F 3
29						S 5						89						5 E 5						149												5 F 3
28						S 3						88						5 E 5						148												5 F 4
27						1 F						87						5 E 5						147												5 F 4
26						1 F						86						5 E 5						146												5 F 4
25						1 F 2						85						5 E 5						145												5 F 5
24						1 F 2						84						5 E 5						144												5 S 4
23						1 F 2						83						5 E 5						143												5 S 5
22						2 F 1						82						5 E 5						142												5 S 5
21						2 K 3						81						5 E 5						141												5 F 2
20						4 F 2						80						4 E 5						140												5 F
19						2 S 5						79						1 E 1						139												5 F
18						2 F 2						78						E						138												5 F 2
17						2 K 2						77						E						137												5 F 2
16						2 K 2						76						E						136												5 S 5
15						2 K 1						75						E						135												3 S 2
14						2 E 4						74						E						134												3 S 2
13						2 E 3						73						E						133												F
12						5 E						72						E						132												3 S 4
11						2 K						71						2 E 1						131												5 S 1
10						5 H						70						3 E 1						130												5 S 1
9						2 K						69						1 F 2						129												2 S 1
8						K						68						1 F 2						128												S
7						F						67						1 F 3						127												F
6						S						66						1 F 3						126												1 F 1
5						S						65						1 F 3						125												5 F 4
4						F						64						1 F 3						124												3 S 3
3						F						63						1 F 3						123												3 S 5
2						2 F						62						4 F 1						122												3 H 5
1						F						61						1 F 4						121												3 H 5

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Mitteilungen der Zoologischen Gesellschaft Braunau](#)

Jahr/Year: 2018

Band/Volume: [12_2018](#)

Autor(en)/Author(s): Utschick Hans

Artikel/Article: [Strukturierte Straßenzählungen von Großschnecken identifizieren Schlüsselfaktoren für Aktivitätsmuster und Bestandsentwicklungen in Raum und Zeit 347-370](#)