

MADLEN ZIEGE, DENISE BABITSCH, MAREIKE BRIX, STEFANIE KRIESTEN, AXEL SEIDEMANN,  
SUSANNE STRASKRABA, SANDRA WENNINGER, MARTIN PLATH, Frankfurt am Main

## **Anpassungsfähigkeit des Europäischen Wildkaninchens (*Oryctolagus cuniculus*) entlang eines rural-urbanen Gradienten**

Schlagworte/keywords: Wildkaninchen, *Oryctolagus cuniculus*, Urbanisierung, Fluchtverhalten, Verhaltensanpassung, Habituation, Urbanisation, flight distance, behavioural adaptation, habituation

### **Einleitung**

Wildschweine in Berlin, Waschbären in Kassel oder Siebenschläfer in Osnabrück – in den letzten Jahren häufen sich die Meldungen über Wildtiere in deutschen Städten wie auch weltweit. Die intensive menschliche Nutzung und Überformung natürlicher Lebensräume führt zu deren Degradierung und zwingt Wildtiere, die in diesen Lebensräumen vorkommen, in andere Gebiete abzuwandern (MARZLUFF et al. 2001). Insbesondere die immer weiter fortschreitende Urbanisierung zieht eine Zerstörung und Fragmentierung natürlicher Lebensräume nach sich und trägt somit entscheidend zum Verlust von Biodiversität bei (ANTROP 2003, HANSEN et al. 2005). Andererseits stellen moderne Städte mit ihren spezifischen biotischen und abiotischen Bedingungen durchaus alternative Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten dar (FRANCIS & CHADWICK 2012) und werden hinsichtlich der Erhaltung der biologischen Vielfalt zukünftig eine besondere Rolle einnehmen (DITCHKOFF et al. 2006).

Neben den zahlreichen freien ökologischen Nischen, die aus den vielfältigen Nutzungsarten/-intensitäten hervorgehen (MÖLLER 2008),

zeichnet sich das urbane Ökosystem vor allem durch einen konstant hohen Zugang zu Nahrungsressourcen (DITCHKOFF et al. 2006), ein milderer Mikroklima (WESSOLEK 2008) sowie einem geringeren Prädations- und Jagddruck aus (BAKER & HARRIS 2007, FISCHER et al. 2012). Diese besonderen Bedingungen scheinen natürliche Selektionsprozesse teilweise „abzupuffern“, und es liegt der Schluss nahe, dass Wildtiere in der Stadt weniger Stress ausgesetzt sein könnten als ihre ruralen Artgenossen (LUNIAK 2004, DITCHKOFF et al. 2006). Andererseits werden Wildtiere in urbanen Gebieten mit anthropogen verursachten Störfaktoren wie Verkehr, Lärm, künstlichen Lichtverhältnissen, Luftverschmutzung, sowie der ständigen Präsenz von Menschen konfrontiert (PARTECKE et al. 2006, KOWARIK 2011). Zeit und Energie, die durch (unnötige) Fluchtreaktionen aufgewendet werden müssen, stehen einem Organismus nicht mehr für andere Funktionsbereiche wie die Nahrungsaufnahme, die Suche nach einem geeigneten Reproduktionspartner oder die Jungenaufzucht zur Verfügung. Somit sind Individuen, die im städtischen Raum weniger sensitiv auf die Störung durch Menschen reagieren, im Vorteil gegenüber Artgenossen, die permanente

Fluchtreaktionen zeigen. Dass es hier zu Habitationsprozessen kommt, zeigt die Studie von MÖLLER (2008), in der kürzere Fluchtinitiationsdistanzen für urbane Populationen einheimischer Vogelarten im Vergleich zu ruralen Populationen gemessen wurden. Ähnliche Beobachtungen wurden auch für Fuchshörnchen (*Scirius niger*) gemacht (MCCLERY 2009).

Der städtische Lebensraum stellt somit eine vom Menschen geprägte selektive Umgebung dar, in der solche Individuen bessere Überlebenschancen haben, die flexibel auf diese neuartigen Bedingungen mit plastischen (also nicht erblich bedingten) Verhaltensunterschieden reagieren. Angesichts der Zunahme der in Städten lebenden menschlichen Bevölkerung wird sich die Urbanisierung zukünftig weiter ausdehnen und es werden solche Tier- und Pflanzenarten aus ihren Lebensräumen verdrängt, die nicht mit den neuen, vom Menschen geschaffenen Bedingungen zurecht kommen. Eine entscheidende Frage ist daher, warum einige Arten in der Lage sind sich erfolgreich im städtischen Lebensraum zu etablieren, während andere es nicht können und welche Mechanismen dieser Variation zu Grunde liegen. Insbesondere hinsichtlich möglicher Konflikte zwischen Wildtieren und der städtischen Bevölkerung müssen langfristige Pläne für ein nachhaltiges Management erstellt werden. Dies kann nur basierend auf ausreichenden Kenntnissen über Populationsdichten und -dynamiken, spezifischen Verhaltensweisen oder physiologischen Charakteristika von Wildtieren in der Stadt erfolgen (DITCHKOFF et al. 2006). Obwohl sich wissenschaftliche Untersuchungen in den letzten Jahren zunehmend mit dieser Thematik auseinandersetzen, ist bisher nur für wenige Arten hinreichend dokumentiert worden, welchen Einfluss das „Großstadtleben“ tatsächlich auf Wildtiere hat.

Das Europäische Wildkaninchen ist in Mitteleuropa ein typischer Kulturfolger, der häufig in urbanen Gebieten wie Parkanlagen oder Friedhöfen vorkommt. Innerhalb des natürlichen Verbreitungsgebiets (Nordwest-Afrika und Spanien) verzeichnet der Bestand von *O. cuniculus* starke Einbrüche und wird deshalb von der IUCN (*International Union for Conservation of Nature*) auf der Vorwarnliste als „gering gefährdet“ („near-threatened“, SMITH &

BOYER 2008) geführt. Mit der Ausbreitung der Viruserkrankung Myxomatose ab dem Jahre 1952 bzw. der Chinaseuche (*Rabbit Haemorrhagic Disease*, RHD) in den 1980er Jahren hat auch der Bestand des Europäischen Wildkaninchens in Deutschland stark abgenommen. Im Rahmen der letzten flächendeckenden Bestandsschätzung durch das Wildtierinformationssystem der deutschen Bundesländer meldeten 34 % der beteiligten Jagdbezirke nur noch geringe Besätze (< 10 Individuen/100 ha). Das Europäische Wildkaninchen ist, laut Aussage von Herrn R. Pirzkall, Landesbetreuer des Jagdverbandes Mecklenburg-Vorpommern, in ländlichen Bereichen Mecklenburg-Vorpommerns gegenwärtig sogar noch weitaus seltener geworden als das Rebhuhn (*Perdix perdix*); Restbestände finden sich ausnahmslos nur noch in Städten (bezogen auf ein Telefonat im September 2011). Auch in den anderen deutschen Bundesländern hat die Zahl der jährlich erlegten Wildkaninchen stetig abgenommen (siehe auch RÖDEL & DEKKER 2012). Umso paradoxer erscheint diese Situation, wenn man die Verbreitung von Wildkaninchen in den Städten betrachtet, in denen manchmal gar von einer „Kaninchenplage“ gesprochen wird. Zuständige Behörden stehen vor dem Problem des Managements von Wildkaninchen in den Grünanlagen, die durch das Anlegen von Bauten und den Verbiss an Gehölzen finanzielle Schäden verursachen. Dieses Management sieht in vielen deutschen Städten die jährliche Bejagung der Tiere von Oktober bis März mit Frettchen und Greifvögeln vor. Derzeit gibt es keine wissenschaftlichen Erkenntnisse darüber, wie sich die verbliebenen Bestände in den außerstädtischen Lebensräumen entwickeln werden und ob die Tiere in den Städten zukünftig als „source“-Populationen eine Bedeutung für den Erhalt dieser Wildtierart in Deutschland erhalten könnten.

Ziel dieser Studie war es, Populations- und Bautendichten sowie Fluchtinitiationsdistanzen von Wildkaninchenpopulationen entlang eines rural-urbanen Gradienten in Frankfurt am Main bzw. dessen Umland zu erfassen. Mit zunehmendem Urbanitätsgrad gewinnen auch Bedingungen an Bedeutung, die zu einem schnellen Anstieg von Wildtierpopulationen bzw. zur Abpufferung von negativen Populationsdynamiken

miken führen können (z. B. wärmeres Mikroklima, erhöhter Nahrungszugang oder fehlende Prädation). Unsere Annahme war daher, dass die Kaninchen- bzw. Bautendichte positiv mit dem Urbanitätsgrad korreliert.

Im Zuge der Anpassung an die ständige Präsenz anthropogener Störungen erwarteten wir zudem einen negativen Zusammenhang zwischen Fluchtinitiationsdistanzen und dem Grad der Urbanisierung.

## Methoden

### *Bestimmung des Urbanitätsgrades*

Unabhängig von ihrer spezifischen Struktur folgen urbane Lebensräume gewöhnlich einem konsistenten Muster: Im Stadtzentrum erreichen anthropogene Einflüsse bzw. die Präsenz des Menschen ein Maximum. Präsenz und Einfluss nehmen jedoch kontinuierlich in Richtung ruraler, weniger entwickelter Gebiete ab (ADAMS 1994). Dieser landschaftliche Übergang wird als urban-ruraler Gradient bezeichnet (McDONNELL & PICKETT 1990).

Basierend auf diesem Gradienten wurden folgende Studiengebiete innerhalb der Habitats „urban“, „suburban“ und „rural“ ausgewählt: Die ehemalige innere Wallanlage im Zentrum der Stadt Frankfurt am Main stellte das urbane Habitat dar (N 50°7,049' O 8°40,623'; ca. 26 ha). In acht der insgesamt neun, durch stark befahrene Straßen voneinander getrennten, unterschiedliche große Grünanlagen befinden sich Wildkaninchenpopulationen. Jede dieser Populationen wurde als eine unabhängige Stichprobe für den Urbanitätsgrad „urban“ angesehen. Das „suburbane“ Habitat wurde durch 5 Parkbereiche repräsentiert, die sich in der angrenzenden Umgebung des Stadtzentrums befinden: Ostpark (N 50°7,251' O 8°43,364'; ca. 30,2 ha), Rebstockpark (N 50°6,674' O 8°36,773'; ca. 21,1 ha), Miquelanlage (N 50°7,967' O 8°39,590'; ca. 5,5 ha), Grüneburgpark (N 50°7,621' O 8°39,630'; ca. 27,0 ha) und Elli-Lucht-Park (N 50°5,386' O 8°38,853'; ca. 2,9 ha). Die Auswahl der ruralen Studiengebiete erfolgte durch Hinweise auf Wildkaninchenbestände durch die örtliche Jägerschaft. Diese Gebiete befinden sich in der ländlichen, vorwiegend agrarwirtschaftlich genutzten

Peripherie der Frankfurter Vororte Kriftel (N 50°4,546' O 8°27,835'), Bad Vilbel (N 50°9,886' O 8°41,850') und Maintal (N 50°8,653' O 8°49,094') sowie dem zwischen Darmstadt und Frankfurt gelegenen Götzenhain (N 50°0,305' O 8°43,421'). Innerhalb dieser Gebiete wurden je zwei 700 x 700 m Quadranten zufällig ausgewählt.

CHADWICK & FRANCIS (2012) weisen darauf hin, dass Untersuchungen zu möglichen Anpassungs- oder Habituationsprozessen von Wildtieren entlang eines rural-urbanen Gradienten lokale Variabilität im Urbanisierungsgrad einbeziehen sollten. Laut der Studie von MACGREGOR-FORS (2011) ist die Bestimmung des Anteils der vom Menschen geschaffenen, versiegelten Oberflächen im relevanten Studiengebiet ein guter Indikator für den Urbanitätsgrad. Eine standardisierte Herangehensweise zur quantitativen Erfassung des Urbanitätsgrads im Zusammenhang mit der Untersuchung von Wildtierpopulationen ist uns derzeit nicht bekannt (siehe dazu auch McDONNELL & HAHS 2008). Die vorliegende Studie bediente sich der Berechnung eines „Urbanitätsindex“, der sich aus folgenden Variablen zusammensetzt:

1. Anwohnerdichte im Umkreis von 500 m, ausgehend vom Rand des Studiengebietes (in Kooperation mit dem Einwohnermeldeamt der Stadt Frankfurt am Main, Stand: 31.10.2010);
2. prozentualer Anteil der vom Menschen geschaffenen, versiegelten Flächen im Studiengebiet (Gebäude, Straßen, etc.) mittels des von der Stadt Frankfurt zur Verfügung gestellten Kartenmaterials und dem Programm ArcGIS 10;
3. Anzahl anthropogen geschaffener Objekte pro ha (Bänke, Straßenlaternen etc.) im Studiengebiet;
4. Anzahl der durch Menschen (Fußgänger, Fahrradfahrer) und angeleinte sowie freilaufende Hunde erfolgten Störungen pro min pro ha durch Transektzählungen zu den Hauptaktivitätszeiten der Wildkaninchen. Es erfolgten 10 Zählungen in der Morgen- und 10 in der Abenddämmerung bzw. kurz nach Sonnenuntergang an jeweils 5 aufeinander folgenden Tagen. Nach dem Zufallsprinzip wurden Koordinaten im Studiengebiet ausgewählt, von denen ausgehend entlang virtu-

eller Transekte (25 m lang, 10 m breit, nach Norden weisend) für 3 Minuten alle Personen, Fahrradfahrer bzw. Hunde erfasst wurden, die das Transekt kreuzten. Es erfolgten zwei Zählungen im Abstand von ca. 30 min. Die Anzahl der Transekte berücksichtigte die Größe der Studienggebiete. Alle Zählungen in den verschiedenen Gebieten erfolgten in einem vergleichbaren Zeitraum im Sommer 2011.

Diese 4 Variablen wurden einer Hauptkomponentenanalyse mittels SPSS 13 unterzogen. Es ergab sich eine Hauptkomponente mit einem Eigenwert  $> 1$ , die 66,65 % der Gesamtvarianz erklärte und als Urbanitätsindex verwendet wurde.

### *Populations- und Bautendichte*

PALOMARES (2001) fasste in seiner Studie die Vor- und Nachteile unterschiedlicher Herangehensweisen zur Quantifizierung von Kaninchendichten zusammen. Neben der Erfassung der Bautendichte und direkten Zählungen kann die Bestandsdichte auch indirekt über die Anzahl von Kotpellets in definierten Quadranten bestimmt werden. In dieser Studie wurden ebenfalls verschiedene methodische Herangehensweisen kombiniert, um repräsentative Daten zur Kaninchendichte zum Ende der Reproduktionszeit im September/Anfang Oktober 2011 zu erheben. Die direkte Bestandserfassung erfolgte durch Zählungen mittels Scheinwerfern eine Stunde nach Sonnenuntergang entlang von Transekten, die in 30 m Abständen durch das gesamte Studienggebiet verliefen (siehe PALOMARES 2001, CALVETE et al. 2004). Je nach Größe der Studienggebiete wurden die Transekte von mehreren Personen gleichzeitig abgelaufen, mindestens jedoch von zwei Personen. Kaninchensichtungen entlang der Transekte wurden auf einer Karte notiert. Pro Studienggebiet erfolgten je zwei Zählungen an zwei aufeinanderfolgenden Tagen. Auf Grund ungünstiger Witterungsbedingungen lagen in einigen Fällen mehrere Tage zwischen der ersten und zweiten Erfassung. Im Rahmen einer Verhaltensstudie erfolgten im vergleichbaren Zeitraum jeweils zwei gezielte Beobachtungen an den Bauten bzw. im Umkreis von 50 m zur

Dämmerungszeit bzw. nach Sonnenuntergang. Es wurde darauf geachtet, dass vergleichbare Wetterbedingungen während der Beobachtungen am Bau herrschten.

Im Rahmen einer umfassenden Studie zur Bautenstruktur, deren Analyse noch andauert, konnte auch die Bautendichte in den relevanten Studienggebieten bestimmt werden. Dies erfolgte im urbanen, suburbanen und teilweise im ruralen Studienggebiet während der Jagdsaison 2011/12 in Zusammenarbeit mit dem Frankfurter Stadtjäger Axel Seidemann. Zur Bejagung der Wildkaninchen werden Frettchen und Reusen eingesetzt. Die Frettchen treiben dabei die Wildkaninchen aus dem Bau und in die zuvor vor den Bauöffnungen positionierten Reusen. Diese Jagdart erlaubte es, zuverlässig einzelne Bauten voneinander abzugrenzen und somit die Bautendichte in den einzelnen Studienggebieten zu bestimmen.

Diese Herangehensweise war jedoch nicht bei allen Bauten möglich (z. B. aus jagdrechtlichen Gründen). Ein einzeln abzugrenzender Bau wurde in diesem Fall durch die Position der Ein- und Ausgänge definiert. Alle beieinanderliegenden Bautenöffnungen, deren Gänge in das Zentrum des vermeintlichen Baues wiesen, gehörten auch mit hoher Wahrscheinlichkeit zu diesem Bau.

### *Fluchtverhalten*

Die Messung der Fluchtinitiationsdistanzen in den verschiedenen Studienggebieten erfolgte nach dem Protokoll von MÖLLER (2008) im Sommer 2011. Der Beobachter bewegte sich aus einer Ausgangsentfernung von 50 m mit Schrittgeschwindigkeit auf das zufällig ausgewählte Wildkaninchen zu (Jungtiere wurden nicht berücksichtigt). Die Distanz, bei der das Tier die Flucht ergriff (gerichtetes Wegbewegen vom ursprünglichen Standort) wurde mit Hilfe eines Laserentfernungsmessgerätes (Bosch GLM 150) ermittelt und notiert. Zudem wurde vermerkt, ob das beobachtete Individuum allein oder in der Gruppe war. Es wurde sorgfältig darauf geachtet, dass Individuen nicht mehrfach getestet wurden, was die vergleichsweise geringe Stichprobengröße im ruralen Studienggebiet erklärt.

## Statistische Auswertung

### (a) Populations- und Bautendichte

Um zu testen, ob es einen statistisch abzusichernden Zusammenhang zwischen dem Urbanisierungsgrad (Hauptkomponente 1, s.o.) und der Populations- bzw. Bautendichte gibt, wurde eine Spearman Rangkorrelation durchgeführt.

### (b) Fluchtinitiationsdistanzen

Eine Spearman Rangkorrelation sollte auch prüfen, ob es einen signifikanten Zusammenhang zwischen dem Urbanisierungsgrad und der Fluchtinitiationsdistanz gibt. Zudem wurde eine univariate ANOVA durchgeführt, um weiter zu testen, ob es mögliche Unterschiede im Fluchtverhalten zwischen ruralen, urbanen und suburbanen Populationen gibt.

Abhängige Variable war die Fluchtinitiationsdistanz, der unabhängige Faktor der Urbanitätsgrad sowie das Studiengebiet (genestet in den Faktor Urbanitätsgrad) sowie der bivariate Faktor ‚sozialer Kontext‘ (0 = allein, 1 = in einer Gruppe).

## Ergebnisse

### Populations- und Bautendichte

Die Spearman Rangkorrelation ergab einen signifikanten, positiven Zusammenhang zwischen dem Urbanitätsgrad (Hauptkomponente 1) und der Populationsdichte ( $r = 0,557$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 68$ ) bzw. der Anzahl der Bauten pro ha ( $r = 0,614$ ;  $P = 0,015$ ;  $N = 16$ ) (Abb. 1, 2).

### Fluchtinitiationsdistanz

Die Ergebnisse der univariaten ANOVA zeigten, dass sich die Fluchtinitiationsdistanzen sowohl zwischen den drei Urbanitätsniveaus urban, suburban und rural, als auch zwischen den einzelnen Studiengebieten signifikant unterscheiden (Tabelle 1). Hingegen hatten die Variablen ‚sozialer Kontext‘ bzw. der Interaktionsterm ‚Urbanitätsgrad  $\times$  sozialer Kontext‘ keinen Einfluss auf die Fluchtdistanzen und wurden daher aus dem finalen Modell ausgeschlossen. Die folgende Spearman Rangkorrelation zeigte einen signifikanten, negativen Zusammenhang zwischen dem Urbanitätsgrad und den Fluchtinitiationsdistanzen auf ( $r = -0,517$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 246$ ; Abbildung 3).

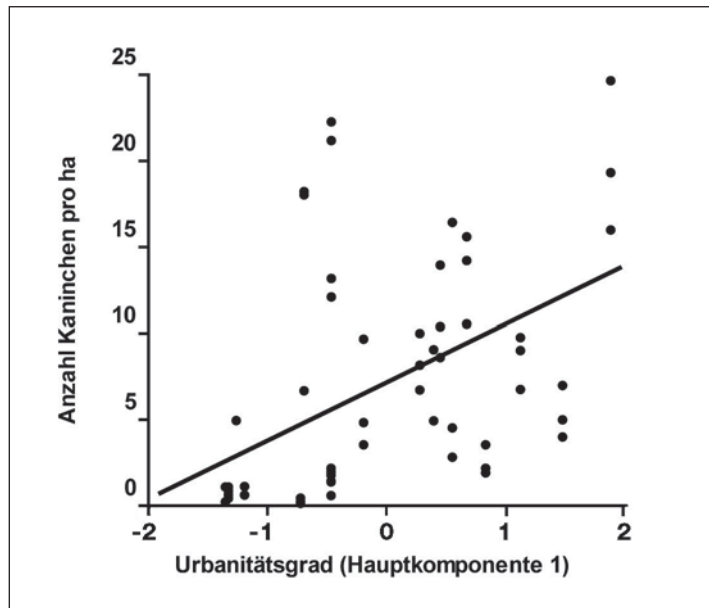


Abb. 1 Positive Korrelation zwischen der Kaninchendichte (Anzahl der Tiere pro ha) im September und Oktober 2011 und dem Urbanitätsgrad. Die durchgeführte Spearman Rangkorrelation zeigt eine signifikante Abhängigkeit:  $r = 0,558$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 68$ .

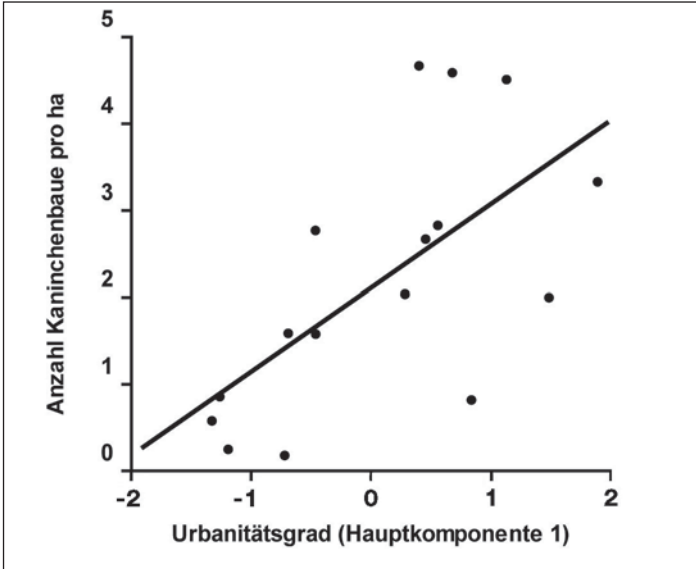


Abb. 2 Positive Korrelation zwischen der Bautendichte (Anzahl der Baue pro ha im Studiengebiet) und dem Urbanitätsgrad. Die Spearman Rangkorrelation zeigt eine signifikante Abhängigkeit:  $r = 0,629$ ;  $P = 0,009$ ;  $N = 17$ .

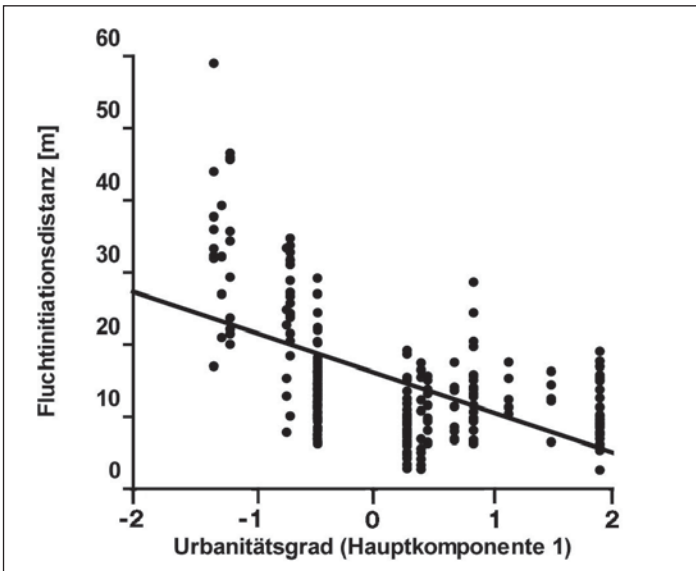


Abb. 3 Negative Korrelation zwischen der individuellen Fluchtinitiationsdistanz [m] und dem Urbanitätsgrad. Spearman Rangkorrelation:  $r = -0,519$ ;  $P \leq 0,001$ ;  $N = 239$ .

Tabelle 1 Ergebnisse der univariaten ANOVA mit der abhängigen Variable „Fluchtinitiationsdistanz“ und den unabhängigen Variablen Urbanitätsgrad bzw. Studiengebiet (genestet in den Faktor Urbanitätsgrad), sowie ‚sozialer Kontext‘.

Effekt	F	Fehler df	Quadratischer Mittelwert	P	Partielle Varianz
Achsenschnittstelle	1576,725	1	50912,990	$\leq 0,001$	0,877
Urbanitätsgrad	143,546	2	4635,140	$\leq 0,001$	0,564
Studiengebiet (Urbanitätsgrad)	5,581	13	180,221	$\leq 0,001$	0,246

## Diskussion

Das Vorkommen von Wildtieren in städtischen und randstädtischen Lebensräumen ist keine Ausnahmeerscheinung mehr. Häufig stellt der urbane Raum mit seinen vielfältigen ökologischen Nischen sogar letzte Rückzugsmöglichkeiten für gefährdete Tier- und Pflanzenarten dar. Dies scheint auch auf das Europäische Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*) zuzutreffen, dessen Bestände in Deutschland sich derzeit in vielen Bundesländern fast ausschließlich auf den urbanen Raum beschränken. Am Beispiel der Stadt Frankfurt am Main und ihrer Umgebung konnten wir zeigen, dass Kaninchen- bzw. Bautendichten tatsächlich entlang des rural-urbanen Gradienten zunehmen. Dieser Trend lässt sich durch mehrere Faktoren erklären.

Kalte Winter in Kombination mit einem niederschlagsreichen Frühjahr reduzieren die Überlebenswahrscheinlichkeit von Wildkaninchen (RÖDEL et al. 2004, RÖDEL & DEKKER 2012). Zwar fällt im urbanen Raum mehr Niederschlag als im Umland, aber die direkte Oberflächenabführung des Regenwassers erlaubt nur noch wenig Verdunstung. Die zunehmende Bebauung entlang des rural-urbanen Gradienten resultiert in einem Temperaturanstieg, der ein trockeneres Mikroklima in Städten weiter begünstigt (WESSOLEK 2008). In Kombination mit dem Überfluss an Nahrung wirken sich die wärmeren Temperaturen positiv auf das Reproduktionspotential, die Dauer der Vegetations- bzw. Wachstumsperiode (KLAUSNITZER 1989) sowie auf die Überlebenswahrscheinlichkeit einiger Säugetierarten aus (z. B. den Waschbären, *Procyon lotor*, PRANGE et al. 2003 oder das Fuchshörnchen, *Sciurus niger*, MCCLEERY et al. 2008).

Bereits 1983 wies SCHIEBER darauf hin, dass für Wildkaninchen im Münchener Stadtgebiet die Reproduktionsperiode früher zu beginnen scheint, als es für Wildkaninchen im ländlichen Habitat bekannt war. Ähnliche Beobachtungen wurden auch für die untersuchten Populationen in Frankfurt am Main gemacht. Neben der Verlängerung der Reproduktionsperiode (bei Vögeln: FLEISCHER et al. 2003) kann auch die Anzahl der Nachkommen pro Wurf zunehmen (bei Ratten: ROBBINS 1993). Fehlende Ausbrei-

tungsmöglichkeiten der Jungtiere in geeignete Habitate lassen spezifische Populationsdichten lokal weiter ansteigen (z. B. beim Dachs, *Meles meles*: DAVISON et al. 2009).

Allerdings können anthropogene Faktoren in Städten den Reproduktionserfolg bzw. die Überlebenswahrscheinlichkeit von Organismen auch negativ beeinflussen. So spielt die Akkumulation künstlicher Futterquellen eine wichtige Rolle bei der Übertragung von Krankheiten (SMITH & ENGEMAN 2002) bzw. kann der Verkehr in der Stadt zu einer erhöhten Sterblichkeitsrate führen (FORMAN & ALEXANDER 1998). Auch wenn der Prädation durch natürliche Raubfeinde im urbanen Raum weniger Bedeutung zuzumessen ist (FISCHER 2012), können Hunde oder Katzen in der Stadt als neue, nicht-natürliche Prädatoren auftreten (LEPCZYK et al. 2004). Zudem sind Organismen im urbanen Raum dem Ausstoß von Schadstoffen aus Verkehr und Industrie ausgesetzt (z. B. Füchse: DIP et al. 2003). In welchem Maße diese Faktoren Wildkaninchenpopulationen beeinflussen, ist derzeit noch nicht bekannt.

Neben den bereits genannten biotischen und abiotischen Faktoren, die einen schnellen Anstieg der Wildtierdichten entlang des rural-urbanen Gradienten begünstigen, sei an diese Stelle auf die heterogene Habitatstruktur städtischer Siedlungsbereiche hingewiesen. Das für Städte typische „Habitatmosaik“ bietet Lebensraum für Tier- und Pflanzenarten mit den unterschiedlichsten ökologischen Ansprüchen (MÖLLER 2008). Auch für die Verbreitung von Wildkaninchenpopulationen ist bekannt, dass sich eine diverse Landnutzung positiv auf die Kaninchendichte auswirkt (ROGERS AND MYERS 1979, VILLAFUERTE AND MORENO 1997, KONTSIOTIS et al. 2013). Dabei bietet der von Wildkaninchen bevorzugte Lebensraum sowohl Zugang zu ausreichend Nahrung als auch zu schützender Vegetation in nächster Nähe zu den Nahrungsgründen (GIBB 1993).

Im Gegensatz zum urbanen Habitat zeichnen sich rurale Lebensräume in Mitteleuropa im Zuge der modernen agrarwirtschaftlichen Nutzung überwiegend durch Offenlandschaften bzw. eine landschaftliche Homogenisierung aus. Diese Entwicklung hat nachweislich einen negativen Einfluss auf die Populationsdichten vieler Wildtierarten (Kiebitz, *Vanellus vanellus*:

BAUER & BERTHOLD 1996; Rebhuhn, *Perdix perdix*: BUNER et al. 2005).

Gegenwärtige Methoden zur Quantifizierung des Einflusses anthropogener Faktoren auf Wildtiere umfassen neben der Bestimmung der Populationsdichten auch die Messung von Fluchtinitiationsdistanzen (TARLOW & BLUMSTEIN 2007). Bisherige Studien bezogen sich dabei auf kategorische Vergleiche der Fluchtinitiationsdistanzen zwischen urbanen, ruralen und suburbanen Individuen einer Art (z. B. Fuchshörnchen: McCLEERY 2009). Die von uns durchgeführte ANOVA bestätigte die Annahme, dass es signifikante Unterschiede in der Fluchtreaktion zwischen ruralen, urbanen und suburbanen Wildkaninchenpopulationen gibt. Die Analyse zeigte jedoch auch, dass sich die Fluchtdistanzen zwischen den einzelnen Studiengruppen innerhalb derselben Urbanitätskategorie unterscheiden. Wie bereits erwähnt, stellen städtische Räume ein komplexes Netzwerk aus Arealen mit unterschiedlich intensiver Bebauung bzw. Störungsintensitäten dar. Eine Kategorisierung in urban, suburban und rural, bezogen auf die Distanz zum Stadtzentrum (rural-urbaner Gradient, siehe ADAMS 1994), kann diese Variation nur grob erfassen und eignet sich somit nur bedingt zur Untersuchung von Anpassungsprozessen an die Urbanisierung (WERNER, 2011).

Der von uns berechnete Urbanitätsindex berücksichtigt lokale Unterschiede in der Bebauung oder der anthropogenen Störintensität zwischen den Studiengruppen und ermöglicht eine Korrelation mit den jeweiligen individuellen Fluchtdistanzen bzw. Populations- und Bautendichten pro Untersuchungsgebiet. Verweisend auf die zusammenfassende Studie von WERNER (2011) könnten zur Bestimmung des Urbanitätsgrades in Zukunft noch weitere Indikatoren berücksichtigt werden: das lokale Klima (Temperatur, Niederschlag), Quantität und Qualität der vom Menschen bereitgestellten Nahrungsressourcen, Intensität der Luft-, Wasser- und Bodenverschmutzung sowie der Grad an Bodenversiegelung, der Lärmpegel oder die Intensität künstlicher Beleuchtung. Die Implementierung einer standardisierten Herangehensweise zur Berechnung eines allgemein anerkannten Urbanitätsindex wäre insbesondere bei vergleichenden Untersuchungen zur

Artenvielfalt in unterschiedlichen Städten von großer Bedeutung.

Die vorliegende Studie ist als erster, kleinerer Teilaspekt einer multi-biologischen Herangehensweise an die Anpassungsfähigkeit des Europäischen Wildkaninchens entlang des rural-urbanen Gradienten zu verstehen. Derzeit dauern umfassende Untersuchungen bzw. statistische Analysen zur Populationsgenetik (Mikrosatellitenanalysen), Populationsdynamik (Dichtebestimmung über einen längeren Zeitraum, Jagdstrecken, Bautennutzung), zur Habitatnutzung (Radiotelemetrie, Bautenstrukturen) und zum Gesundheitszustand (Parasitenbefall, Blutparameter) der hier beschriebenen Kaninchenpopulationen an. Die so aus der Labor- und Feldarbeit gewonnenen Erkenntnisse sollen sowohl zur Schaffung von Grundlagenwissen beitragen als auch künftige Entscheidungen hinsichtlich eines nachhaltigen Wildtiermanagements erleichtern. Die bereits vorliegenden Ergebnisse lassen darauf schließen, dass städtische Lebensräume langfristig eine entscheidende Rolle hinsichtlich des Schutzes dieser einst so häufigen Wildtierart in Deutschland einnehmen werden.

## Zusammenfassung

Der Bestand des Europäischen Wildkaninchens (*Oryctolagus cuniculus*) ist in den letzten Jahren im ländlichen Raum Deutschlands dramatisch zurückgegangen. Diese Entwicklung scheint paradox, wenn man Populationsdichten in den Städten betrachtet, in denen manchmal gar von einer „Kaninchenplage“ gesprochen wird. Aus der Diskrepanz der Bestandsentwicklung des Europäischen Wildkaninchens in Stadt und Land erwächst die Frage, inwieweit die Art tatsächlich als gefährdet angesehen werden muss. Ziel dieser Studie war es, Kaninchen- und Bautendichten entlang eines rural-urbanen Gradienten in Frankfurt am Main bzw. Umgebung zu ermitteln. Das Messen von Fluchtinitiationsdistanzen urbaner, suburbaner und ruraler Wildkaninchenpopulationen sollte zudem Aufschluss über die Anpassungsfähigkeit dieses Wildtieres gegenüber menschlichen Störungen geben. Die Populations- sowie Bautendichten nahmen mit steigendem Grad an Urbanität signifikant zu,



während Fluchtinitiationsdistanzen signifikant kürzer wurden. Wir argumentieren, dass die beobachtete Populationsdynamik insbesondere mit den spezifischen Habitatansprüchen des Europäischen Wildkaninchens in Zusammenhang gebracht werden kann. Der optimale Lebensraum dieser Wildtierart bietet sowohl Zugang zu ausreichend Nahrung als auch die Möglichkeit, in nächster Nähe Bauten anzulegen bzw. schützende Vegetation aufsuchen zu können. Diese Bedingungen finden sich in ländlichen, oft agrarwirtschaftlich genutzten Flächen mit ausgeräumten und offenen Landschaften zunehmend seltener. Urbane und suburbane Lebensräume zeichnen sich jedoch durch eine heterogene Habitatnutzung aus, die den Ansprüchen des Wildkaninchens weitaus besser entsprechen. Zudem könnten sich das wärmere Mikroklima, der konstant hohe Zugang zu Nahrungsressourcen sowie ein geringer Prädations- und Jagddruck in Städten positiv auf Wildtierdichten auswirken. Abnehmende Fluchtinitiationsdistanzen mit zunehmendem Urbanitätsgrad sind ein eindeutiger Hinweis darauf, dass Wildkaninchen im städtischen Habitat eine Habituation an die vom Menschen geschaffenen Bedingungen zeigen. Weitere Untersuchungen zur Populationsgenetik bzw. -dynamik, Habitatnutzung und zum Gesundheitszustand ruraler, urbaner und suburbaner Populationen dauern derzeit noch an. Die aus dieser multi-biologischen Herangehensweise gewonnenen Erkenntnisse sollen abschließend klären, ob urbane Wildkaninchenbestände zukünftig als „source“-Populationen eine Bedeutung für den Erhalt dieser Wildtierart in Deutschland einnehmen werden.

## Summary

### Habituation to anthropogenic nuisance of European rabbits along a rural-to-urban gradient.

Once common in Germany and representing a popular game species, population densities of the European rabbit in rural areas are currently declining at an alarming pace. At the same time, the species reaches surprisingly high population densities in urban and suburban areas. Here, rabbits often cause wildlife-human conflicts,

leading to population management actions in form of hunting. Detailed knowledge about potential differences in population dynamics between urban and rural rabbit populations is necessary to establish and manage rabbit populations in the long-term. Therefore, we asked whether the degree of urbanity is indeed a predictor of rabbit and burrow densities in Frankfurt am Main and its hinterland. Additionally, we assessed flight initiation distances of rabbits along the rural-to-urban gradient to uncover potential habituation to human disturbance. We found a clear positive correlation between rabbit or burrow density and the degree of urbanity. Flight initiation distances became significantly shorter with increasing urbanity. We argue that altered habitat conditions are the major reason for why rabbits became more abundant along the rural to urban gradient. Nowadays, rural areas in Germany are typically characterized by homogenous land-use patterns, leading to consolidated, open landscapes. Aside from the more heterogeneous habitat structure arising from the diverse mosaic of buildings, parks and gardens, the urban ecosystem is characterized by constant and high food supply (human waste and deliberate feeding), a milder microclimate and lower predation or hunting pressure. These conditions are known to positively affect population densities and to buffer negative population dynamics of wildlife in cities. Our data suggest that urban habitats will play an important role in the future conservation of the European rabbit in Germany. Ongoing studies on the population genetics, population dynamics, home range use and health status of the examined rural, urban and suburban rabbit populations aim to provide additional insights into the adaptability of this mammal to urbanization.

## Literatur

- ADAMS, L.W. (1994): Urban wildlife habitats: a landscape perspective. – University Minnesota Press, Minneapolis, MN.
- ANTROP, M. (2003): Landscape change and the urbanization process in Europe. – *Landscape and Urban Planning* **67**: 9–26.
- BAKER, P.J.; HARRIS, S. (2007): Urban mammals: what does the future hold? An analysis of the factors affecting patterns of use of residential gardens in Great Britain. – *Mammal Review* **37**: 297–315.

- BAUER, H.G.; BERTHOLD, P. (1996): Die Brutvögel Mitteleuropas. Bestand und Gefährdung. – Wiesbaden – AULA-Verlag.
- BUNER, F.; JENNY, M.; ZBINDEN, N.; NAEF-DANZER, B. (2005): Ecologically enhanced areas – a key habitat structure for re-introduced grey partridges *Perdix perdix*. – *Biological Conservation* **124**: 373–381.
- CALVETE, C.; ESTRADA, R.; ANGULO, E.; CABEZAS-RUIZ, S. (2004): Habitat factors related to wild rabbit conservation in an agricultural landscape. – *Landscape Ecology* **19**: 531–542.
- CRESSWELL, W.; HARRIS, S. (1988): Foraging behavior and home range utilization in a suburban badger (*Meles meles*). – *Mammal Review* **18**: 37–49.
- DAVISON, J.; HUCK, M.; DELAHAY, R.J.; ROPER, T.J. (2009): Restricted ranging behaviour in a high-density population of urban badgers. – *Journal of Zoology* **277**: 45–53.
- DIP, R.; HEGGLIN, D.; DEPLAZES, P.; DAFFLON, O.; KOCH, H.; NAEGLI, H. (2003): Age- and Sex-Dependent Distribution of Persistent Organochlorine Pollutants in Urban Foxes. – *Environmental Health Perspectives* **111**: 1608–1612.
- DITCHKOFF, S.; SAALFELD, S.; GIBSON, C. (2006): Animal behavior in urban ecosystems: Modifications due to human-induced stress. – *Urban Ecosystems* **9**: 5–12.
- FISCHER, J.D.; CLEETON, S.H.; LYONS, T.P.; MILLER, J.R. (2012): Urbanization and the Predation Paradox: The Role of Trophic Dynamics in Structuring Vertebrate Communities. – *BioScience* **62**: 809–818.
- FLEISCHER, A.J.; BOWMAN, R.; WOOLFENDEN, G. (2003): Variation in foraging behavior, diet, and time of breeding of Florida scrub-jays in suburban and wildlife habitats. – *Condor* **105**: 515–527.
- FORMAN, R.; ALEXANDER, L. (1998): Roads and their major ecological effects. – *Annual Review of Ecology and Systematics* **29**: 207–231.
- FRANCIS, R.A.; CHADWICK, M.A. (2012): What makes a species synurbic? – *Applied Geography* **32**: 514–521.
- GIBB, G. (1993): Sociality, time and space in a sparse population of rabbits (*Oryctolagus cuniculus*). – *Journal of Zoological Society London* **229**: 581–607.
- HANSEN, A.; KNIGHT, R.; MARZLUFF, J.; POWELL, S.; BROWN, K.; GUDE, P.; JONES, K. (2005): Effects of Exurban Development on Biodiversity: Patterns, Mechanisms and Research Needs. – *Ecological Applications* **15**: 1893–1905.
- KLAUSNITZER, B. (1989): Verstädterung von Tieren. – *Neue Brehm-Bücherei Wittenberg-Lutherstadt*.
- KONTSIOTIS, V.J.; BAKALOUDIS, D.E.; XOFIS, P.; KONSTANTARAS, N.; PETRAKIS, N.; TSIOMPAPOUDIS, A. (2013): Modeling the distribution of wild rabbits (*Oryctolagus cuniculus*) on a Mediterranean island. – *Ecological Research* **28**: 317–325.
- KOWARIK, I. (2011): Novel urban ecosystems, biodiversity, and conservation. – *Environmental Pollution* **159**: 1974–1983.
- LEPCZYK, C.A.; MERTIG, A.G.; LIU, J. (2004): Landowners and cat predation across rural-to-urban landscapes. – *Biological Conservation* **115**: 191–201.
- LUNIAK, M. (2004): Synurbization – adaptation of animal wildlife to urban development. – In: SHAW, W.; HARRIS, L.; VANDRUFF, L. (eds.): 4<sup>th</sup> International Urban Wildlife Symposium: 50–55.
- MACGREGOR-FORS, I. (2011): Misconceptions or misunderstandings? On the standardization of basic terms and definitions in urban ecology. – *Landscape and Urban Planning* **100**: 347–349.
- MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R.; DONNELLY, R.E. (2001): A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. – In: MARZLUFF, J.M.; BOWMAN, R. & DONNELLY, R.E. (eds.): *Avian conservation and ecology in an urbanizing world*: 278–282. – Kluwer, New York, USA.
- MCCLEERY, R.A. (2009): Changes in fox squirrel anti-predator behaviors across the urban rural gradient. – *Landscape Ecology* **24**: 483–493.
- MCCLEERY, R.A.; LOPEZ, R.R.; SILVY, N.J.; GALLANT, D.L. (2009): Fox Squirrel Survival in Urban and Rural Environments. – *The Journal of Wildlife Management* **72**: 133–137.
- MCDONNELL, M.J.; HAHS, A.K. (2008): The use of gradient analysis studies in advancing our understanding of the ecology of urbanizing landscapes: current status and future directions. – *Landscape Ecology* **23**: 1143–1155.
- MCDONNELL, M.J.; PICKETT, S.T.A. (1990): Ecosystem structure and function along urban–rural gradients: an unexploited opportunity for ecology. – *Ecology* **71**: 1232–1237.
- MÖLLER, A.P. (2008): Flight distance of urban birds, predation, and selection for urban life. – *Behavioral Ecology and Sociobiology* **63**: 63–75.
- PALOMARES, F. (2001): Comparison of 3 methods to estimate rabbit abundance in a Mediterranean Environment. – *Wildlife Society Bulletin* **29**: 578–585.
- PARTECKE, J.; SCHWABL, I.; GWINNER, E. (2006): Stress and the City: Urbanization and its effects on the stress physiology in european blackbirds. – *Ecology* **87**: 1945–1952.
- PRANGE, S.; GEHRT, S.; WIGGERS, E. (2003): Demographic Factors Contributing to High Raccoon Densities in Urban Landscapes. – *The Journal of Wildlife Management* **67**: 324–333.
- ROBBINS, C. (1993): *Wildlife feeding and nutrition*. – Academic Press, San Diego, California.
- RÖDEL, H.G.; BORA, A.; KAETZKE, P.; KHASCHEL, M.; HUTZELMEYER, H.; HOLST, D. (2004): Over-winter survival in subadult European rabbits: weather effects, density dependence, and the impact of individual characteristics. – *Oecologia* **140**: 566–576.
- RÖDEL, H.; DEKKER, J. (2012): Influence of weather factors on population dynamics of two lagomorph species based on hunting bag records. – *European Journal of Wildlife Research* **58**: 923–932.
- Rogers, P.M.; Myers, K. (1979): Ecology of the European wild rabbit *Oryctolagus cuniculus* (L.) in Mediterranean habitats. I. Distribution in the landscape of the Coto Donana S. Spain. – *Journal of Applied Ecology* **16**: 691–703.
- SCHIEBER, P. (1983): *Untersuchungen über Wildkaninchen im Stadtgebiet Münchens*. – Dissertation, LMU München.
- SMITH, A.; BOYER, A. (2008): *Oryctolagus cuniculus*. – In: IUCN 2012. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2012.2.

- SMITH, T.; ENGEMAN, R. (2002): An extraordinary raccoon, *Procyon lotor*, density at an urban park. – Canadian Field-Naturalist **116**: 636–639.
- TARLOW, E.M.; BLUMSTEIN, D.T. (2007): Evaluating methods to quantify anthropogenic stressors on wild animals. – Applied Animal Behaviour Science **102**: 429–451.
- VILLAFUERTE, R; MORENO, S. (1997) Predation risk, cover type, and group size in European rabbits in Donana (SW Spain). – Acta Theriologica **42**: 225–230.
- WERNER, P. (2011): The ecology of urban areas and their functions for species diversity. – Landscape and Ecological Engineering **7**: 231–240.
- WESSOLEK; E.M. (2008): Sealing of Soils. – In: MARZLUFF, J.M. et al. (eds.): Urban Ecology An International Perspective on the Interaction Between Humans and Nature 161–180.

*Adresse der Verfasserin:*

MADLEN ZIEGE

J. W. Goethe-Universität Frankfurt am Main

Abteilung für Ökologie und Evolution

Max-von-Laue-Str. 13

D-60438 Frankfurt am Main

Germany

E-Mail: madlen.ziege@googlemail.com