

Zusammenfassung

Die Zerstörung natürlicher Lebensräume während des Prozesses der Urbanisierung gilt als einer der Hauptgründe für den Verlust der globalen Artenvielfalt. Dem gegenüber steht die Beobachtung, dass moderne Städte durchaus alternative Lebensräume für Tier- und Pflanzenarten bieten. Neben den zahlreichen freien ökologischen Nischen, die aus einer vielfältigen Habitatnutzung hervorgehen, zeichnet sich das urbane Ökosystem vor allem durch einen konstant hohen Zugang zu Ressourcen aus (z. B. Nahrung oder Nistplätze). Das generell wärmere Mikroklima und ein oft geringerer Prädations- und Jagddruck führen weiterhin dazu, dass viele in Städten lebende Arten höhere Populationsdichten erreichen als ihre Artgenossen auf dem Land. Der urbane Lebensraum stellt jedoch eine anthropogen geprägte selektive Umgebung dar, in der solche Individuen bessere Überlebenschancen haben, die flexibel auf die neuartigen Bedingungen wie z. B. der ständigen Präsenz des Menschen reagieren. Kernfragen des Forschungsgebietes der Stadtökologie sind somit, warum einige Arten Städte als neue Lebensräume nutzen und dort hohe Populationsdichten erreichen („urban exploiter“), während andere dazu nicht in der Lage sind und nur selten bzw. nie in urbanen und suburbanen Räume vorkommen („urban impossibles“). Bisher konnte nur ansatzweise für wenige Arten geklärt werden, welche Folgen das Leben in der Stadt auf deren Ökologie und Verhalten hat.

Das Europäische Wildkaninchen (*Oryctolagus cuniculus*, L. 1758) ist ein typisches Beispiel für eine Wildtierart, die hohe Populationsdichten in städtischen Arealen wie Parkanlagen oder Friedhöfen erreicht und Schäden an Bepflanzungen etc. verursacht. Häufig kommt es daher insbesondere in Großstädten wie Berlin, München oder Frankfurt am Main zu Konflikten mit der urbanen Bevölkerung, so dass Jagdmaßnahmen zur Dezimierung der Kaninchenbestände ergriffen werden. Im Gegensatz dazu ist mit Auftreten der Viruserkrankungen Myxomatose im Jahre 1952 bzw. der Chinaseuche (Rabbit Hemorrhagic Disease, RHD) in den 1980er Jahren eine deutliche Abnahme der Bestände in ländlichen Gegenden Deutschlands zu beobachten.

Ziel meiner publikationsbasierten Doktorarbeit war es am Beispiel von Frankfurt am Main und Umgebung folgende Fragestellungen zu beantworten: Gibt es tatsächlich einen Zusammenhang zwischen dem Grad der Urbanisierung und den Populationsdynamiken von *O. cuniculus* und wenn ja, welche Faktoren liegen einer unterschiedlichen Bestandsentwicklung zu Grunde? Welchen direkten und indirekten Einfluss hat der Grad der Urbanisierung auf die Bautenanlage und Gruppengröße, die Tagesaktivität und das Anti-Prädator-Verhalten sowie das Kommunikationsverhalten

dieser Säugetierart? Der Anspruch meiner Arbeit bestand nicht nur darin zur Schaffung von Grundlagenwissen innerhalb des noch jungen Forschungsbereiches der Stadtökologie beizutragen. In enger Zusammenarbeit mit der Stadtverwaltung Frankfurt, mit Jägern und Naturschutzvereinen sollten die aus meiner Feldarbeit gewonnenen Ergebnisse zur Ökologie und zu den adaptiven Verhaltensweisen einer Wildtierart entlang eines rural-urbanen Gradienten direkte Anwendung im Natur- und Artenschutz finden, z. B. um künftige Entscheidungen hinsichtlich eines nachhaltigen Wildtiermanagements zu erleichtern.

In meiner ersten Studie wurden zunächst die Populations- und Bautendichten von Wildkaninchenpopulationen in insgesamt 17 verschiedenen Studiengengebieten innerhalb der Frankfurter Innenstadt, den Parkbereichen der näheren Umgebung des Stadtzentrums bzw. in rural angrenzenden, landwirtschaftlich genutzten Gebieten erfasst (Kapitel 2). Da die Sichtungswahrscheinlichkeit von Wildkaninchen in unterschiedlichen Habitaten variieren kann, wurden für eine zuverlässige Bestandsabschätzungen entlang des rural-urbanen Gradienten mehrere Ansätze gewählt. Neben der wiederholten Transektzählung mit Handscheinwerfern in der Dämmerung wurde auch die Anzahl der Bauten pro ha erfasst sowie direkte Zählungen an den Bauten vorgenommen. Als eine von bisher sehr wenigen Studien bezog meine Arbeit lokale Unterschiede im Grad der Urbanisierung zwischen diesen Gebieten in die statistischen Analysen mit ein. So wurde für jedes Gebiet ein Urbanitätsindex berechnet, der auf folgenden Variablen basiert: (1) die Störungsintensität durch den Menschen pro ha und min, (2) die Einwohnerdichte in 500 m Umkreis vom Studienggebiet, (3) dem prozentualen Anteil versiegelter Oberflächen (Gebäude, Straßen etc.) sowie (4) die Anzahl anthropogener Gegenstände pro ha. Das Messen der Fluchtinitiationsdistanz (FID) als die Distanz, auf die sich ein Mensch einem Wildtier annähern kann bevor es die Flucht ergreift, sollte zudem Aufschluss über die Anpassungsfähigkeit von *O. cuniculus* gegenüber anthropogenen Störungen geben. Mittels einer Spearman-Rangkorrelation konnte gezeigt werden, dass die Populations- sowie Bautendichten mit steigendem Grad an Urbanität signifikant zunahmen. Gleichzeitig zeigte eine Abnahme der FIDs entlang des rural-urbanen Gradienten, dass insbesondere Tiere in der Innenstadt an die stetige menschliche Präsenz angepasst sind. Populationsdichten des Wildkaninchens werden maßgeblich vom Vorhandensein dichter Vegetation zur Anlage von Bauten bestimmt. Hohe Bestände finden sich in mosaikartigen Landschaften, in denen der Zugang zu Hecken, Büschen etc. vorhanden ist. Solche Landschaftsstrukturen sind typisch für städtische Gebiete während sich rurale Lebensräume im Zuge der modernen agrarwirtschaftlichen Nutzung überwiegend durch Offenlandschaften auszeichnen. Zunehmende Kaninchendichten entlang des rural-urbanen Gradienten führte ich somit maßgeblich auf Unterschiede im Zugang zu dichter Vegetation sowie Nahrung zwischen den Studiengengebieten zurück.

Wildkaninchen legen ihre Bauten bevorzugt in dichter Vegetation an – in Gebieten, wo diese Ressource nicht limitiert ist, sind Bauten gleichmäßiger verteilt, weisen wenige Eingänge auf und beherbergen meist kleine Kaninchengruppen. In Kapitel 3 präsentiere ich meine zweite Studie, in der ich die Verteilung und externe Struktur der Bautensysteme sowie die Gruppengröße der Tiere als Indikatoren für die Qualität des Habitats (z. B. Verfügbarkeit von dichter Vegetation, Prädationsdruck etc.) in den Studiengebieten untersuchte. Basierend auf den Daten zur Bautendichte wurden zwei Indices berechnet, die Aufschluss über die räumliche Verteilung der Bautensysteme innerhalb der Studiengebiete gaben (geklumpt, gleichmäßig, zufällig). Die Anzahl der Bautenöffnungen bzw. der Kaninchen pro Bau wurde während der Jagdsaison von Oktober bis März in Kooperation mit Stadtjägern bestimmt. Weiterhin wurden insgesamt 61 zufällig ausgewählte Bauten entlang des rural-urbanen Gradienten oberirdisch vermessen, z. B. die Distanz der Öffnungen zueinander erfasst. Mit zunehmendem Grad der Urbanisierung konnte eine gleichmäßigere Verteilung der Kaninchenbauten beobachtet werden – ein eindeutiger Hinweis dafür, dass entlang des rural-urbanen Gradienten die Anzahl an Strukturen zur Anlage von Bauten zunimmt. Weiterhin nahm die Anzahl der Ein- und Ausgänge sowie die oberirdische Ausdehnung der Bauten mit zunehmendem Grad der Urbanisierung signifikant ab. So dominierten in der Frankfurter Innenstadt kleine Bauten mit wenigen Ein- und Ausgängen die wiederum von nur wenigen Tieren bewohnt waren, oft sogar nur von Pärchen oder einzelnen Wildkaninchen. Im ländlichen Umland Frankfurts hingegen wiesen die Bautensysteme deutlich mehr Öffnungen auf welche sich zudem in größeren Abständen voneinander befanden. Diese Bauten wurden vorwiegend von großen Kaninchengruppen bewohnt. Die ländlichen Studiengebiete zeichneten sich durch offene, vorwiegend intensiv agrarwirtschaftlich genutzte Flächen aus, in denen es nur wenig dichte Vegetation gibt. Im Gegensatz dazu bieten die vielfältigen Landnutzungsformen in der Stadt ausreichend Möglichkeiten zur Anlage von Bauten. Gleichzeitig scheint jedoch die Habitatfragmentierung durch Straßen und Wege ein Grund dafür zu sein, warum die oberirdische Ausdehnung der Bauten in den urbanen Studiengebieten limitiert ist. Ein weiterer wichtiger Faktor, der sowohl die Unterschiede in den Populationsdichten sowie die Anlage von Bauten mit weniger Öffnungen und die Formation kleinerer Gruppen zwischen Stadt und Land erklärt, ist der Prädationsdruck. Dieser Aspekt war im Fokus meiner dritten Studie.

In Städten ist die Störung durch den Menschen besonders intensiv während viele Studien darauf hinweisen, dass die Häufigkeit der Prädation durch natürliche Beutegreifer oft geringer ist. Da sich die Intensität der Prädation innerhalb eines Gebietes jedoch nur sehr schwer quantifizieren lässt wird als Indikator für den Prädationsdruck häufig die Zeit gemessen, die das Beutetier in „Anti-Prädator-Verhalten“ investiert. So sind Wildkaninchen in ihren natürlichen Lebensräumen vorwiegend dämmerungsaktiv

und nutzen regelmäßig den Bau, um sich vor Fressfeinden in Sicherheit zu bringen. Kapitel 4 umfasst eine Publikation, in der ich Unterschiede in den Tagesaktivitäten und im Baunutzungsverhalten sowie im Anti-Prädator-Verhalten ruraler, suburbaner und urbaner Wildkaninchengruppen untersuchte. Verhaltensbeobachtungen an jeweils 4 urbanen, suburbanen und ruralen Bauten fanden von einer Stunde vor Sonnenaufgang bis einer Stunde nach Sonnenuntergang statt. Gleichzeitig wurde die anthropogene Störungen an den Bauten quantifiziert und alle Fußgänger bzw. Hunde in regelmäßigen Abständen gezählt. Ein „linear mixed model“ (LMM) und Rangkorrelationen nach Spearman bestätigten, dass sich Tiere in den urbanen und suburbanen Studiengruppen signifikant öfter außerhalb des Baues aufhielten als ihre ruralen Artgenossen. Weiterhin ergab die Studie, dass ländliche Wildkaninchen 40 % ihrer Zeit darin investierten, nach Fressfeinden Ausschau zu halten sobald sie den Bau verließen. In den urbanen und suburbanen Studiengruppen nahm diese Verhaltensweise nur 20 % der Tagesaktivität der Tiere ein. Statt der „Überwachung“ ihrer Umgebung verbrachten städtische Wildkaninchen mehr Zeit damit, Nahrung aufzunehmen oder sich auszuruhen. Interessant ist, dass die Tiere in der Frankfurter Innenstadt besonders oft ihren Standort zu den Tageszeiten wechselten, an denen Fußgänger zur Arbeit gehen bzw. von der Arbeit kommen. Dieses stetige Bewegungsverhalten interpretierte ich als eine Anpassung von *O. cuniculus* an die in den urbanen Gebieten doppelt so intensive Störung durch den Menschen im Vergleich zu den suburbanen und ruralen Studiengruppen. Diese Annahme wurde durch einen weiteren Feldversuch bestätigt, in dem ich mittels eines simulierten Beutegreiferangriffes versuchte, Wildkaninchen in ihren Bau zu treiben. Während in den ruralen und suburbanen Studiengruppen alle Tiere vor dem vermeintlichen Feindangriff unterirdischen Schutz suchten, gelang es mir in 14 von 15 Versuchen nicht, urbane Tiere in den Bau zu treiben. Die Ergebnisse dieser Untersuchung führten zu der Schlussfolgerung, dass Wildkaninchen in den suburbanen Studiengruppen nicht nur einem geringeren Prädationsdruck im Vergleich zu den ländlichen Gebieten ausgesetzt; auch die Störung durch den Menschen ist weniger intensiv im Vergleich zur Frankfurter Innenstadt.

Im letzten Kapitel 5 untersuchte ich den Einfluss der Urbanisierung auf das Kommunikationsverhalten des Wildkaninchens. Wie bei vielen anderen Säugetierarten spielt auch bei *O. cuniculus* die Anlage von Kotanhäufungen (Latrinen) als olfaktorische und visuelle Signale für die Kommunikation eine große Rolle. So werden über die Duftstoffe, die sich im Urin bzw. im Kot befinden, während der gemeinsamen Nutzung der Latrinen Informationen über das Alter, Geschlecht oder den sozialen Status eines jeden Tieres ausgetauscht. Latrinen, die in nächster Nähe des Kaninchenbaus angelegt werden dienen insbesondere dem Informationsaustausch innerhalb derselben sozialen Gruppe. Latrinen hingegen, die in einiger Entfernung vom Kaninchenbau an den Grenzen des Territoriums angelegt werden, bilden einen olfaktorischen „Zaun“ zu benachbarten

sozialen Gruppen. Die aus den vorangegangenen Studien in Kapitel 2 und 3 gewonnenen Erkenntnisse ließen die Annahme zu, dass es eine Verschiebung der Latrinennetzwerke entlang des rural-urbanen Gradienten gibt: In den ruralen Studiengebieten dominieren große soziale Kaninchengruppen in großen Bautensystemen, die Dichte an Bauten bzw. Kaninchen ist hier jedoch gering. Folglich sollte die Kommunikation innerhalb derselben sozialen Gruppe durch Latrinen nah am Bau von größerer Wichtigkeit sein als die Abgrenzung zum weit entfernten Nachbar. In der Frankfurter Innenstadt hingegen, wo die Bauten- und Kaninchendichte sehr hoch ist und somit die Konkurrenz um Ressourcen, ist eine klare Abgrenzung zum Nachbarn durch periphere Latrinen von besonders großer Bedeutung. Weiterhin ist die „interne“ Kommunikation in einer ohnehin kleinen sozialen Gruppe weniger wichtig. Die Analyse der Latrinenverteilungen bzw. Latrineneigenschaften (z.B. Anzahl Pellets, Dichte, Distanz zur nächsten Vegetation) entlang des rural-urbanen Gradienten bestätigte meine Hypothese. Wildkaninchen im ruralen Umland legten nicht nur die meisten Latrinen in direkter Nähe zum Bau an, diese wurden auch häufiger aufgesucht als Latrinen, die sich an den territorialen Grenzen befanden. Mit zunehmender Urbanisierung kam es zu einer Verschiebung der Latrinenverteilung. So befanden sich in der Frankfurter Innenstadt nicht nur besonders viele Latrinen an den Territoriumsgrenzen in einigen Metern entfernt vom Bau, sondern waren an diesen Latrinen auch häufiger Anzeichen einer regelmäßigen Nutzung (frische Kotpellets) zu finden als an solchen direkt am Bau. Die Anlage von Latrinen zur Kommunikation zwischen benachbarten sozialen Gruppen, z.B. um das Territorium eindeutig abzugrenzen, scheint somit bei Tieren in der Innenstadt besonders wichtig zu sein. Abschließend lieferte auch diese letzte Studie eindeutige Hinweise für meine Argumentation, dass es in suburbanen und urbanen Studiengebieten ausreichend dichte Vegetation in nächster Nähe zum Bau gibt bzw. ein geringerer Prädationsdruck vorliegt als im ruralen Umland. So nahm die Distanz der Latrinen zur nächsten Vegetation mit zunehmenden Grad der Urbanisierung ab und Kaninchen in der Innenstadt können auch bei der Nutzung peripher gelegener Latrinen schnell Schutz in angrenzender Vegetation aufsuchen.

Zusammenfassend trugen die Erkenntnisse aus meiner Forschungsarbeit zu einem besseren Verständnis bei, welchen direkten und indirekten Einfluss Urbanisierung auf die Ökologie und das Verhalten eines Wildtieres haben kann. Durch die Quantifizierung des Grades der Urbanität war es mir erstmals möglich Anpassungen im Baunutzungs- und Kommunikationsverhalten einer Säugetierart entlang eines rural-urbanen Gradienten nachzuweisen. Insbesondere die umfangreichen Feldarbeiten zu den Tagesaktivitäten bestätigten, dass Kaninchenpopulationen in Frankfurt die für „urban exploiter“ typischen Verhaltensanpassungen wie z.B. ein reduziertes Anti-Prädator-Verhalten zeigen. Eine wichtige Erkenntnis meiner Arbeit ist, dass der suburbane Lebensraum besonders gut

den Habitatansprüchen von *O. cuniculus* entspricht: Die vielfältige Habitatnutzung in den weitläufigen Parkbereichen gewährleistet nicht nur Zugang zu schützender Vegetation und Nahrung in nächster Nähe zueinander. Im Gegensatz zu den ländlichen Gebieten ist ein geringerer Prädationsdruck durch natürliche Beutegreifer wahrscheinlich während die Störung durch den Menschen weniger intensiv ist im Vergleich zur Innenstadt. Diese Beobachtung ist auch für das Populationsmanagement von Arten von Bedeutung, die ähnliche Habitatansprüche wie das Europäische Wildkaninchen haben und in ländlichen Gebieten Deutschlands zunehmend seltener vorkommen.