Nyctalus (N.F.), Berlin **11** (2006), Heft 4, S. 268-276

Zur Kollisionswahrscheinlichkeit fliegender oder jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen

Von BODO STRATMANN, Naumburg

Mit 1 Abbildung

In der von den Muttertieren initiierten Flug- und Heimfinde-Lernphase, die mit der Auflösung der Wochenstubengesellschaften einsetzt, lernen die nachgeborenen Jungtiere, sich einerseits an sozialen Lockrufen und andererseits an Geländestrukturen zu orientieren. Beides wird ihnen später helfen, sich in ihrem Lebensraum zurechtzufinden, es kann ihnen aber unter bestimmten Voraussetzungen auch zum Verhängnis werden. Dies tritt z. B. dann ein, wenn sie es kurzzeitig unterlassen, ihre Umwelt mittels Echoperception sinnlich zu erfassen.

Diese Gefahr entsteht für Fledermäuse nicht dadurch, daß sie die Strukturen ihrer Flugrouten mosaikartig mit Echoabbildern erfassen und abspeichern, sondern dadurch, daß sie eine wiederholt beflogene Strecke ab einem bestimmten Zeitpunkt ausschließlich durch das Abrufen der gespeicherten topografischen Strukturen, befliegen. Aus diesem Grunde werden auch sich schrittweise entwickelnde Strukturveränderungen nicht sofort, sondern zeitversetzt von den Tieren erkannt und abgespeichert. Offenbar kann dies erst geschehen, wenn sie einzelne Passagen dieser Flugroute wieder mittels Echoperception befliegen. Was sie dazu veranlassen könnte, ist bislang ungeklärt.

Wenn Fledermäuse auf den Blindflugrouten Verkehrswege kreuzen, kommt es unter bestimmten Voraussetzungen zwangsläufig zu Kollisionen mit dem fließenden Verkehr. Eine erste Orientierung hinsichtlich der Kollisionswahrscheinlichkeit mit den die Flugbahn querenden Fahrzeugen ermöglichen die artspezifischen Flughöhen. Wenn man sie in Beziehung zu den Fahrzeughöhen setzt, lassen sich vier Gefährdungsgruppen definieren (s. Abb. 1):

Gefährdungsgruppe I
schließt alle Arten ein, die aufgrund ihrer bevorzugten Flughöhen mit allen Fahrzeugen – PKWs, LKWs, Trucks – unmittelbar kollidieren würden, wenn sie zeitgleich mit einer anfliegenden Fledermaus den Querungspunkt erreichen.

Gefährdungsgruppe II
betrifft die Arten, die unter diesen Voraussetzungen nur noch mittelbar von dem stark verwirbelten Fahrtwind der PKWs erfaßt, aber unmittelbar mit den LKWs und Trucks kollidieren würden.

Gefährdungsgruppe III
umfaßt die Arten, die ausschließlich im unteren Bereich ihre bevorzugten Flughöhen noch mittelbar durch den stark verwirbelten Fahrtwind der die Flugbahn querenden LKWs und Trucks in Schwierigkeiten geraten würden.

Gefährdungsgruppe IV
betrifft solche Arten, die bedingt durch ihre bevorzugten Flughöhen weder unmittelbar noch mittelbar mit den die Flugbahnen querenden Fahrzeugen kollidieren würden.

Es gibt mehrere Publikationen darüber, welche Verluste Fledermäuse durch den Verkehr (auf Straße, Schiene und in der Luft) erleiden (KIEFER et al. 1994/95, HAENSEL & RACKOW 1996 u. a. Quellen). Die sich daraus anscheinend ergebenden Abweichungen zu den Risikogruppen I-IV hängen damit zusammen, daß Fledermäuse – vor allem beim Jagen – häufig die Flughöhen wechseln und bis annähernd auf Fahrbahnniveau herabkommen. So erklärt es sich, daß Abendsegler (*Nyctalus noctula*), die

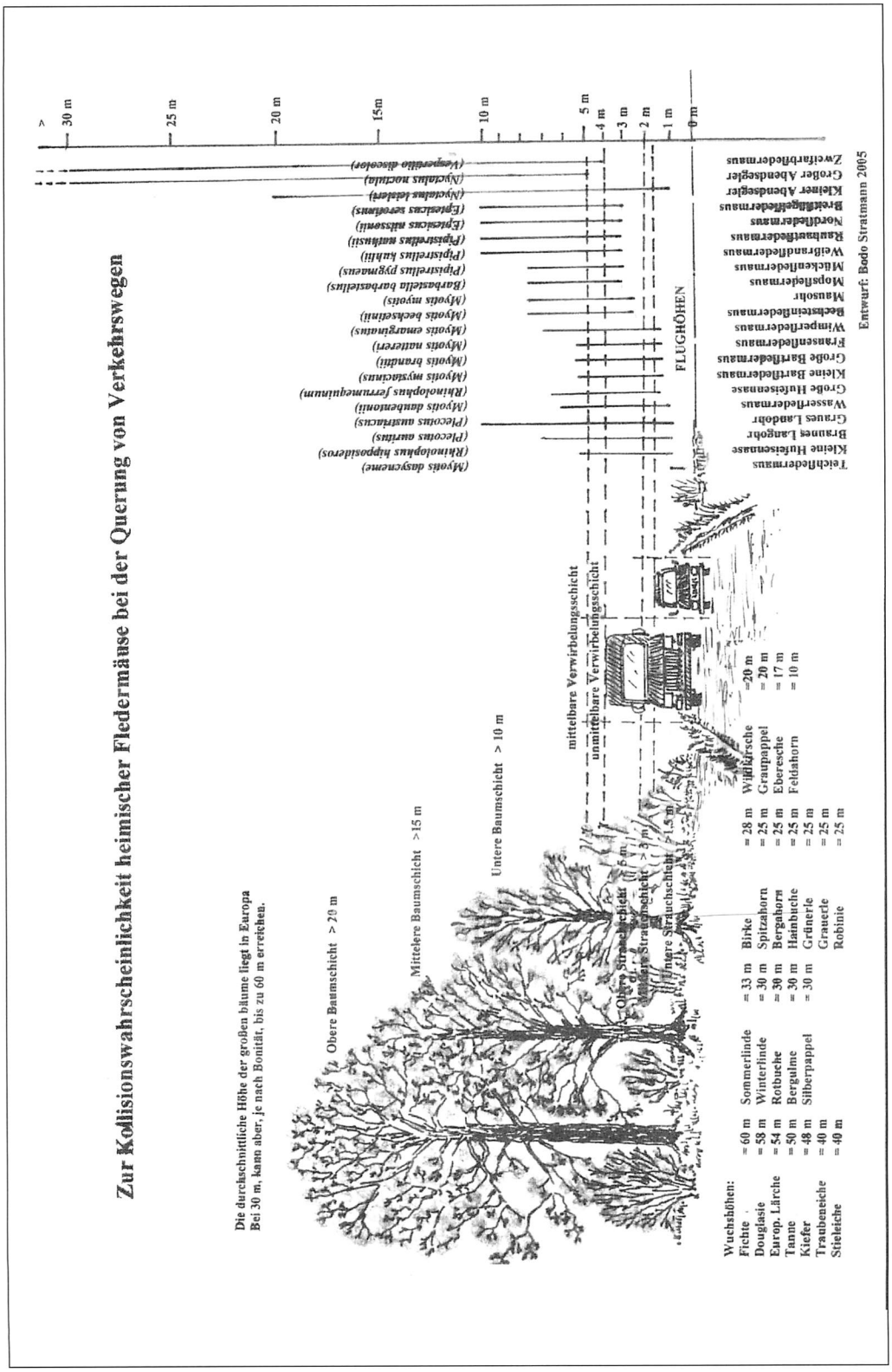

Abb. 1. Kollisionswahrscheinlichkeit heimischer Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen

eigentlich der Gefährdungsgruppe IV zuzuordnen sind, beachtlich oft von KFZ erwischt werden und an 2. Stelle in der derzeitigen Verluststatistik platziert sind. Ähnlich verhält es sich mit der Breitflügelfledermaus (*Eptesicus serotinus*), die den 3. Platz in der Verluststatistik belegt.

Einen zweiten Anhaltspunkt für die Kollisionswahrscheinlichkeit bietet die artspezifische Fluggeschwindigkeit. Setzt man sie in Beziehung zur Geschwindigkeit der Fahrzeuge, kann man die Anflugzeit durch die Fahrgeschwindigkeit dividieren, um zu ermitteln, in wie viel Sekunden es zur Kollision kommen würde. Das Ergebnis würde lauten: Immer wenn die Fledermaus und das Fahrzeug zeitgleich am Querungspunkt ankommen, ist eine Kollision vorprogrammiert. Letztendlich ist es allein die Konstellation der sich Annähernden, ob es zu einer unmittelbaren, mittelbaren oder gar keiner Kollision kommen wird.

Um solche Kollisionen, auch wenn sie nicht gänzlich auszuschließen sind, maßgeblich zu minimieren und geeignete Vorkehrungen treffen zu können, bleibt nur, diese Querungspunkte mittels Detektoren als solche, d. h. ohne Echoperception beflogene, zu identifizieren. Eine geeignete Möglichkeit wäre die Anpflanzung von mehrzeiligen, mehrschichtigen, dichten Hecken beiderseits der Querungstellen mit einer Endhöhe von mindestens 5 m, durch welche die Fledermäuse in eine andere Querungshöhe gezwungen würden.

Schwieriger ist in diesem Zusammenhang deren optimale Breite zu definieren, um das seitlich Umfliegen weitgehend auszuschließen. Durch das Abwinkeln der Flanken gegen die Flugrichtung könnte man dem entgegenwirken, wenn dies z. B. im Winkel von 45° in der gebotenen Tiefe realisiert würde. Anstelle einer solchen beiderseits der Fahrbahnquerung anzupflanzenden Hecke könnte auch ein entsprechender „grüner Zaun" gesetzt werden, der sich mit schnellwüchsigen Kletterpflanzen, wie *Lonicera periclymenum* oder *Clematis vitalba*, ebenfalls gut in die Landschaft einfügen ließe. Objektspezifisch bedürfte es fachkundiger Beratung und Abstimmung.

Hinweis: Querungshilfen für Fledermäuse als Schadensbegrenzung bei der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsprojekte werden in einem Positionspapier von BRINKMANN (2005) vorgeschlagen. Die eigentlichen Details dazu sind im Internet veröffentlicht und werden laufend ergänzt (**www.buero-brinkmann.de**).

Gänzlich anders stellt sich die Situation bei der Echoperception der Fledermäuse dar, mit der echoortende Fledermäuse nach NEUWEILER (1993) die Echoquelle hinsichtlich Größe, Form und Oberflächenbeschaffenheit lokalisieren, differenzieren und identifizieren. Dabei stellt sich die Frage, bis zu welcher Entfernung ihnen dies möglich ist.

Nach SKIBA (2003) variieren die Hörbarkeitsgrenzen der einzelnen Arten zwischen 3 und 150 m. NEUWEILER (1993) orientiert bei der Reichweite auf „meist unter 20 m, maximal 50 bis 60 m". Es erschien mir sinnvoll, einige Erfahrungen dieser beiden Spezialisten zu übernehmen, um die nachfolgenden Berechnungen plausibel zu untersetzen.

Als die häufigsten Ortungssignale werden die mit einer abwärts modulierten Frequenz bezeichnet. Sie beginnen zur Strukturerfassung mit einer hohen Frequenz von geringer Reichweite und enden mit einer die Entfernung zum echobildenden Objekt ermittelnden niedrigeren Frequenz von hoher Reichweite.

An Verkehrsquerungen anfliegende Fledermäuse müßten eigentlich zuerst die Entfernung zum echobildenden Objekt ermitteln, ehe sie dessen Struktur erfassen. Sehr wichtig für die anschließenden Interpretationen ist die Erkenntnis, daß strukturgebunden fliegende Fledermäuse einmal erkannte und abgespeicherte Strukturen zur Orientierung auf ihren Flugrouten, wie bereits erwähnt, immer wieder abrufen. Aus diesem Grunde werden auch strukturelle Veränderungen, die nach der Hörbildabspeicherung auf den regelmäßig befloge-

nen Strecken entstehen, sondern nicht unmittelbar erst mit zeitlicher Verzögerung erfaßt.

Daraus folgert, daß für die ausschließlich nach dem Zufallsprinzip die Flugroute querenden Fahrzeuge wahrscheinlich überhaupt keine gespeicherten Informationen abgerufen werden können. Die auf diesen Routen liegenden Verkehrsquerungen werden demzufolge im „Blindflug" passiert. Daraus resultiert zwangsläufig, daß es unter bestimmten Voraussetzungen an diesen Querungspunkten unweigerlich zu unmittelbaren und mittelbaren Kollisionen mit den querenden Fahrzeugen kommen müßte.

Ganz anders sieht es aus, wenn diese Verkehrswege während des Jagdfluges mit Ultraschallortung angeflogen und gequert werden. Maßgebend dafür ist weder der Schalldruck noch die Frequenz, wohl aber die durch Temperatur- und Luftfeuchtigkeitsschwankungen modifizierte Schallgeschwindigkeit. Nach SKIBA (2003) verändert ein Grad Temperaturdifferenz die Schallgeschwindigkeit um 0,6 m/s. Beträgt sie z. B. bei 0°C 331 m/s, erhöht sie sich bei 15°C auf 340 m/s und bei 30°C auf 349 m/s. Ihre Laufzeit vom Aussenden des Lautes bis zum Empfang des Echos/2 würde der Entfernung entsprechen, in der sich das echobildende Objekt befindet.

Unberücksichtigt für die Ermittlung der Kollisionswahrscheinlichkeit kann der beim Anflug auf das echobildende Objekt entstehende Dopplereffekt bleiben, der aus der ständigen Distanzveränderung resultiert. Die dadurch entstehenden Frequenzveränderungen haben keinen Einfluß auf die Ultraschallgeschwindigkeit.

Zur Ermittlung der Kollisionswahrscheinlichkeit von Fledermäusen mit unvermittelt die Flugbahn kreuzenden Fahrzeugen können wir nur auf die Schallgeschwindigkeit als Rechenfaktor zurückgreifen. Als zweiter Rechenfaktor stehen uns die ausgewiesenen Echogrenzen zur Verfügung. Dividiert man sie durch die Fluggeschwindigkeit der Fledermäuse, erhält man die Anflugzeit bis zum Querungspunkt. In den Tab. 1-3 wird als Anflugentfernung die artspezifische Hörbarkeitsgrenze nach SKIBA (2003) berücksichtigt, und zwar unter dem Gesichtswinkel: was man hört, wird an einem echobildenden Objekt auch reflektiert, ferner die 20 m-, 50 m- und 60 m-Echogrenze nach NEUWEILER (1993).

Als dritter Rechenfaktor und Multiplikator ist die Fahrgeschwindigkeit zu berücksichtigen, die für den PKW mit 100 km/h = 22,78 m/s, für den LKW und Truck mit 80 km/h = 22,22 m/s zugrundegelegt wird. Ausgegangen wird hierbei von der zulässigen Höchstgeschwindigkeit auf Landstraßen.

Als vierter Rechenfaktor ist die jeweilige Fahrzeuglänge einzubeziehen, die für den PKW mit 3,5 m, für den LKW mit 10,0 m und für den Truck mit 15,0 m angenommen wird. Diese Rechenfaktoren sind für die entsprechenden Fledermausarten in Tab. 1 zusammengefaßt. Multipliziert man die Anflugzeit mit der Fahrzeit des querenden Fahrzeugs, erhält man die zwischenzeitlich vom Fahrzeug zurückgelegte Fahrstrecke vom Augenblick der Erfassung des Echobildes.

Beispiel 1:
Ein mit 100 km/h fahrender PKW von 3,5 m Länge nähert sich der Fluglinie einer Fledermaus mit 22,78 m/s. Eine Großhufeisennase (*Rhinolophus ferrumequinum*) würde das erste Echobild aus einer Entfernung von 10,0 m empfangen. Bei einer Fluggeschwindigkeit von 3,333 m/s würde sie mit dem querenden Fahrzeug nach 3,0 sec kollidieren. Innerhalb dieser 3 sec hat der PKW allerdings bereits 68,34 m, d. h. 19,52 Fahrzeuglängen zurückgelegt und ist bereits 18,53 m vom möglichen Kollisionspunkt entfernt. Bei dieser Entfernung bestünde weder eine unmittelbare noch eine mittelbare Kollisionsgefahr, selbst wenn die Fledermaus kein Ausweichmanöver fliegen würde.

Beispiel 2:
Ein mit 80 km/h fahrender LKW von 12 m Länge nähert sich der Flugroute einer Fleder-

Tabelle 1. Parameter zur Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen

Artname	Fluggeschw. m/s	Anflugzeit von der artspez. Hörgrenze	Anflugzeit zum 20 m-Echoobjekt	Anflugzeit zum 50 m-Echoobjekt	Anflugzeit zum 60 m-Echoobjekt	Fahrstrecke d. Pkw bei 22,78 m/s	Fahrstrecke d. Lkw bei 22,22 m/s	Fahrstrecke. d. Truck bei 22,22 m/s
Große Hufeisennase	3,333 m/s	* 10 m = 3,003″	6,006″	15,015″	18,018″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Rhinolophus ferrumequinum	6,944 m/s	* 10 m = 1,440″	2,882″	7,204″	8,645″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Kleine Hufeisennase	2,222 m/s	* 6 m = 2,702″	9,009″	22,520″	27,027″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Rhinolophus hipposideros	6,111 m/s	* 6 m = 0,981″	3,273″	8,183″	9,819″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Wasserfledermaus	5,555 m/s	* 40 m = 7,194″	3,597″	8,992″	10,791″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis daubentonii	----------	----------	---------	---------	----------	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Teichfledermaus	4,166 m/s	* 50 m = 11,999″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis dasycneme	----------	* 60 m = 14,402″	---------	5,144″	----------	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Große Bartfledermaus	4,166 m/s	* 20 m = 4,796″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis brandtii	9,722 m/s	* 30 m = 3,086″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Kleine Bartfledermaus	4,166 m/s	* 20 m = 4,800″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis mystacinus	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Wimperfledermaus	4,166 m/s	* 20 m = 4,800″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis emarginatus	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Fransenfledermaus	4,166 m/s	* 20 m = 4,800″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis nattereri	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Bechsteinfledermaus	4,166 m/s	* 20 m = 4,800″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis bechsteinii	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Mausohr	4,166 m/s	* 20 m = 4,800″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Myotis myotis	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Großer Abendsegler	6,944 m/s	*120 m = 17,281″	2,880″	7,204″	8,695″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Nyctalus noctula	19,444 m/s	*150 m = 7,714″	1,028″	2,572″	3,009″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Kleiner Abendsegler	6,944 m/s	* 70 m = 10,080″	2,880″	7,204″	8,695″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Nyctalus leisleri	15,274 m/s	*100 m = 6,547″	1,308″	3,272″	3,926″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Breitflügelfledermaus	4,166 m/s	* 70 m = 16,802″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Eptesicus serotinus	8,333 m/s	* 90 m = 10,800″	2,400″	6,002″	7,202″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Nordfledermaus	5,555 m/s	* 60 m = 10,801″	3,597″	8,992″	10,791″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Eptesicus nilssonii	12,500 m/s	* 80 m = 6,400″	1,600″	4,000″	4,800″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Zweifarbfledermaus	5,555 m/s	* 90 m = 16,201″	3,597″	8,992″	10,791″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Vespertilio discolor	13,888 m/s	*120 m = 8,640″	1,439″	3,599″	4,319″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Mückenfledermaus	4,166 m/s	* 30 m = 7,201″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Pipistrellus pygmaeus	9,722 m/s	* 30 m = 3,085″	2.057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Zwergfledermaus	4,166 m/s	* 30 m = 7,201″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Pipistrellus pipistrellus	9,722 m/s	* 40 m = 4,114″	2,057″	5,144″	6,172″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Rauhautfledermaus	4,166 m/s	* 50 m = 12,001″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Pipistrellus nathusii	11,111 m/s	* 60 m = 5,400″	1,800″	4,500″	5,400″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Braunes Langohr	2,777 m/s	* 3 m = 1,080″	7,220″	18,050″	21,660″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Plecotus auritus	8,333 m/s	* 7 m = 0,840″	2,400″	6,002″	7,202″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Graues Langohr	2,777 m/s	* 15 m = 5,401″	7,220″	18,050″	21,660″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Plecotus austriacus	8,333 m/s	* 35 m = 4,200″	2,400″	6,002″	7,202″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge
Mopsfledermaus	4,166 m/s	* 30 m = 7,201″	4,796″	11,990″	14,388″	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit	m/s x Anflugzeit
Barbestella barbastellus	11,111 m/s	* 40 m = 3,600″	1,800″	4,500″	5,400″	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge	Fahrzeuglänge

Artname	Fluggeschw. m/s	Anflugzeit zum 20 m-Echoobjekt	Fahrstrecke d. Pkw bei 22,78 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit	Fahrstrecke d. Lkw bei 22,22 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit	Fahrstrecke. d.Truck bei 22,22 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit
Große Hufeisennase	3,333 m/s	6,006″	38,09 Fahrzeuglängen	keine	12,34 Fahrzeuglängen	keine	7,89 Fahrzeuglängen	keine
Rhinolophus ferrumequinum	6,944 m/s	2,882″	17,75 Fahrzeuglängen	keine	5,40 Fahrzeuglängen	mittelbare	3,26 Fahrzeuglängen	mittelbare
Kleine Hufeisennase	2,222 m/s	9,009″	57,63 Fahrzeuglängen	keine	19,01 Fahrzeuglängen	keine	12,34 Fahrzeuglängen	keine
Rhinolophus hipposideros	6,111 m/s	3,273″	20,30 Fahrzeuglängen	keine	6,27 Fahrzeuglängen	keine	3,84 Fahrzeuglängen	mittelbare
Wasserfledermaus	5,555 m/s	3,597″	22,29 Fahrzeuglängen	keine	6,95 Fahrzeuglängen	keine	4,30 Fahrzeuglängen	mittelbare
Myotis daubentonii	----------	---------	----------	------	----------	-------	----------	----------
Teichfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,31 Fahrzeuglängen	keine	9.65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis dasycneme	----------	---------	----------	-------	----------	-------	----------	-------
Große Bartfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis brandtii	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Kleine Bartfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis mystacinus	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Wimperfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis emarginatus	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Fransenfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis nattereri	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Bechsteinfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeiglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	Keine
Myotis bechsteinii	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Mausohr	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,64 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Myotis myotis	9,722 m/s	2,057″	12.28 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Großer Abendsegler	6,944 m/s	2,880″	17,74 Fahrzeuglängen	keine	5,39 Fahrzeuglängen	keine	3,26 Fahrzeuglängen	mittelbare
Nyctalus noctula	19,444 m/s	1,028″	6,69 Fahrzeuglängen	keine	13,86 Fahrzeuglängen	keine	0,52 Fahrzeuglängen	mittelbare
Kleiner Abendsegler	6,944 m/s	2,880″	17,74 Fahrzeuglängen	keine	38,41 Fahrzeuglängen	keine	3,26 Fahrzeuglängen	mittelbare
Nyctalus leisleri	15,274 m/s	1,308″	5,69 Fahrzeuglängen	keine	11,64 Fahrzeuglängen	keine	0,93 Fahrzeuglängen	mittelbare
Breitflügelfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Eptesicus serotinus	8,333 m/s	2,400″	14,62 Fahrzeuglängen	keine	4,33 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,55 Fahrzeuglängen	mittelbare
Nordfledermaus	5,555 m/s	3,597″	22,41 Fahrzeuglängen	keine	6,95 Fahrzeuglängen	keine	4,30 Fahrzeuglängen	mittelbare
Eptesicus nilssonii	12,500 m/s	1,600″	9,41 Fahrzeuglängen	keine	2,55 Fahrzeuglängen	mittelbare	1,37 Fahrzeuglängen	mittelbare
Zweifarbfledermaus	5,555 m/s	3,597″	22,29 Fahrzeuglängen	keine	6,95 Fahrzeuglängen	keine	3,85 Fahrzeuglängen	mittelbare
Vespertilio discolor	13,888 m/s	1,439″	8,36 Fahrzeuglängen	keine	2,19 Fahrzeuglängen	mittelbare	1,13 Fahrzeuglängen	mittelbare
Mückenfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus pygmaeus	9,722 m/s	2.057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Zwergfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus pipistrellus	9,722 m/s	2,057″	12,38 Fahrzeuglängen	keine	3,57 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,04 Fahrzeuglängen	mittelbare
Rauhautfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus nathusii	11,111 m/s	1,800″	10,71 Fahrzeuglängen	keine	2,99 Fahrzeuglängen	mittelbare	1,66 Fahrzeuglängen	mittelbare
Braunes Langohr	2,777 m/s	7,220″	45,99 Fahrzeuglängen	keine	15.04 Fahrzeuglängen	keine	9,69 Fahrzeuglängen	keine
Plecotus auritus	8,333 m/s	2,400″	14,61 Fahrzeuglängen	keine	4,33 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,55 Fahrzeuglängen	mittelbare
Graues Langohr	2,777 m/s	7,220″	45,99 Fahrzeuglängen	keine	15,04 Fahrzeuglängen	keine	9,69 Fahrzeuglängen	keine
Plecotus austriacus	8,333 m/s	2,400″	14,61 Fahrzeuglängen	keine	4,33 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,55 Fahrzeuglängen	mittelbare
Mopsfledermaus	4,166 m/s	4,796″	30,21 Fahrzeuglängen	keine	9,65 Fahrzeuglängen	keine	6,10 Fahrzeuglängen	keine
Barbestella barbastellus	11,111 m/s	1,800″	10,71 Fahrzeuglängen	keine	2,99 Fahrzeuglängen	mittelbare	1,66 Fahrzeuglängen	mittelbare

Tabelle 2. Kollisionswahrscheinlichkeit jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen von der 20 m-Echogrenze

Artname	Fluggeschw. m/s	Anflugzeit zum 50 m-Echoobjekt	Fahrstrecke des Pkw bei 22,78 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit	Fahrstrecke des Lkw bei 22,22 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit	Fahrstrecke des Truck bei 22,22 m/s	Kollisionswahrscheinlichkeit
Große Hufeisennase	3,333 m/s	15,015″	96,72 Fahrzeuglängen	keine	32,36 Fahrzeuglängen	keine	21,24 Fahrzeuglängen	keine
Rhinolophus ferrumequinum	6,944 m/s	7,204″	36,88 Fahrzeuglängen	keine	15,00 Fahrzeuglängen	keine	9,67 Fahrzeuglängen	keine
Kleine Hufeisennase	2,222 m/s	22,520″	145,57Fahrzeuglängen	keine	49,03 Fahrzeuglängen	keine	32,35 Fahrzeuglängen	keine
Rhinolophus hipposideros	6,111 m/s	8,183″	52,25 Fahrzeuglängen	keine	17,18 Fahrzeuglängen	keine	9,67 Fahrzeuglängen	keine
Wasserfledermaus	5,555 m/s	8,992″	57,52 Fahrzeuglängen	keine	18,98 Fahrzeuglängen	keine	12,32 Fahrzeuglängen	keine
Myotis daubentonii	----------	---------	----------	keine	----------	keine	----------	keine
Teichfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,10 Fahrzeuglängen	keine	25,66 Fahrzeuglängen	keine	16,77 Fahrzeuglängen	keine
Myotis dasycneme	----------	5,144″	----------	------	----------	------	----------	------
Große Bartfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis brandtii	9,722 m/s	5,144″	31,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Kleine Bartfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis mystacinus	9,722 m/s	5,144″	32,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Wimperfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis emarginatus	9,722 m/s	5,144″	31,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Fransenfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis nattereri	9,722 m/s	5,144″	31.48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Bechsteinfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis bechsteinii	9,722 m/s	5,144″	31,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Mausohr	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25.64 Fahrzeuglängen	keine	16,76 Fahrzeuglängen	keine
Myotis myotis	9,722 m/s	5,144″	31,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Großer Abendsegler	6,944 m/s	7,204″	45,88 Fahrzeuglängen	keine	15,00 Fahrzeuglängen	keine	9,67 Fahrzeuglängen	keine
Nyctalus noctula	19,444 m/s	2,572″	15,73 Fahrzeuglängen	keine	4,71 Fahrzeuglängen	mittelbare	2,80 Fahrzeuglängen	mittelbare
Kleiner Abendsegler	6,944 m/s	7,204″	45,88 Fahrzeuglängen	keine	15,00 Fahrzeuglängen	keine	9,67 Fahrzeuglängen	keine
Nyctalus leisleri	15,274 m/s	3,272″	20,28 Fahrzeuglängen	keine	6,27 Fahrzeuglängen	keine	3,84 Fahrzeuglängen	mittelbare
Breitflügelfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine
Eptesicus serotinus	8,333 m/s	6,002″	38,06 Fahrzeuglängen	keine	12,33 Fahrzeuglängen	keine	7,89 Fahrzeuglängen	keine
Nordfledermaus	5,555 m/s	8,992″	57,52 Fahrzeuglängen	keine	19,88 Fahrzeuglängen	keine	12,32 Fahrzeuglängen	mittelbare
Eptesicus nilssonii	12,500 m/s	4,000″	25,03 Fahrzeuglängen	keine	7,88 Fahrzeuglängen	keine	4,92 Fahrzeuglängen	keine
Zweifarbfledermaus	5,555 m/s	8,992″	57,52 Fahrzeuglängen	keine	19,88 Fahrzeuglängen	keine	12,32 Fahrzeuglängen	keine
Vespertilio discolor	13,888 m/s	3,599″	22,42 Fahrzeuglängen	keine	6,99 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Mückenfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus pygmaeus	9,722 m/s	5,144″	32,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Zwergfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus pipistrellus	9,722 m/s	5,144″	32,48 Fahrzeuglängen	keine	10,42 Fahrzeuglängen	keine	6,61 Fahrzeuglängen	keine
Rauhautfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine
Pipistrellus nathusii	11,111 m/s	4,500″	28,28 Fahrzeuglängen	keine	8,99 Fahrzeuglängen	keine	5,66 Fahrzeuglängen	keine
Braunes Langohr	2,777 m/s	18,050″	116,47 Fahrzeuglängen	keine	39,10 Fahrzeuglängen	keine	25,73 Fahrzeuglängen	keine
Plecotus auritus	8,333 m/s	6,002″	38,06 Fahrzeuglängen	keine	12,33 Fahrzeuglängen	keine	7,89 Fahrzeuglängen	keine
Graues Langohr	2,777 m/s	18,050″	116,47 Fahrzeuglängen	keine	39,10 Fahrzeuglängen	keine	25,73 Fahrzeuglängen	keine
Plecotus austriacus	8,333 m/s	6,002″	38,06 Fahrzeuglängen	keine	12,33 Fahrzeuglängen	keine	7,89 Fahrzeuglängen	keine
Mopsfledermaus	4,166 m/s	11,990″	77,03 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine	25,64 Fahrzeuglängen	keine
Barbestella barbastellus	11,111 m/s	4,500″	28,28 Fahrzeuglängen	keine	8,99 Fahrzeuglängen	keine	5,66 Fahrzeuglängen	keine

Tabelle 3. Kollisionswahrscheinlichkeit jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen von der 50 m-Echogrenze

maus mit 22,22 m/s. Ein Großhufeisennase würde das erste Echobild aus einer Entfernung von 10,0 m empfangen. Bei einer Fluggeschwindigkeit von 6,944 m/s würde sie den Querungspunkt nach 1,440 sec erreichen. Innerhalb dieser Anflugzeit hat sich der LKW bereits 21,99 m, d. h. knapp 3 Fahrzeuglängen vom Querungspunkt entfernt. Bei dieser Entfernung bestünde auch bei einem seitlichen Ausweichmanöver die Gefahr einer mittelbaren Kollision mit dem stark verwirbelten Fahrtwind.

Beispiel 3:
Ein mit 80 km/h fahrender Truck von 15,0 m Länge nähert sich der Flugroute einer Fledermaus ebenfalls mit 22,22 m/s. Eine Großhufeisennase würde das erste Echobild aus einer Entfernung von 10,0 m empfangen. Bei einer Fluggeschwindigkeit von 3,333 m/s würde sie mit dem Fahrzeug erst nach 3,000 sec kollidieren. Innerhalb dieser 3 sec hat sich der Truck 51,11 m, d. h. 3,44 Fahrzeuglängen vom Querungspunkt entfernt. Auch in diesem Falle würde es trotz eines seitlichen Ausweichmanövers zu einer mittelbaren Kollision mit dem stark verwirbelten Fahrtwind kommen. Für die mittelbare Kollisionswirksamkeit des stark verwirbelten Fahrtwindes wird die 5fache Fahrzeuglänge angenommen.

Die in den Tab. 2 und 3 zusammengestellten Berechnungen können nur als eine erste Orientierung verstanden werden, weil – ebenso wie in den Beispielen 1-3 – die Reaktionsfähigkeit der Fledermäuse unberücksichtigt blieb. Es fehlen noch gezielte Beobachtungen, aus welcher Entfernung jagende Fledermäuse auf Fahrzeuge reagieren. Folgendes kann angenommen werden: Je geringer die Reaktionszeit ist, desto höher dürfte die Kollisionswahrscheinlichkeit werden. Ob sich dies tatsächlich so verhält, muß jedoch vorerst noch unbeantwortet bleiben. Mit dieser Kenntnis würde sich die Berechnung der Kollisionswahrscheinlichkeit erheblich präzisieren lassen.

Welche Rolle spielen in diesem Zusammenhang ökologische Leitstrukturen? Betrachtet man sie unter dem Gesichtswinkel der Hörbarkeitsgrenze nach SKIBA (2003) oder der Echogrenzen nach NEUWEILER (1993) würde dies zu folgender Schlußfolgerung führen: Wenn die strukturgebunden fliegenden Fledermäuse ihre Echobilder nur bis zur artspezifischen Echogrenze empfangen, würde dies bedeuten, daß Lücken in den ökologischen Leitstrukturen, die darüber hinausgehen, keine Hörbilder mehr liefern. Die Fledermaus müßte, wenn sie kein anderes echobildendes Objekt innerhalb der echobildenden Distanz ausmachen kann, die Flugroute abbrechen und zurückfliegen.

Welche Konsequenzen sich daraus ableiten lassen, wird bewußt, wenn man weiß, daß Chausseebäume normalerweise im Abstand von 25 m stehen. Würden 3 Bäume hintereinander ausfallen, wäre diese ökologische Leitstruktur bei einseitiger Bepflanzung zu Ende. Bei beidseitiger Bepflanzung bestünde noch die Möglichkeit, auf die andere Seite der Straße auszuweichen, sofern deren Breite nicht die Echogrenze überschreitet. Eine andere Möglichkeit wäre eine „grüne Brücke" über ausladende Kronenbereiche. In der Feldbeobachtung reflektiert sich dieser Sachverhalt in den eigenwilligen Flugrouten, die oftmals weit von der direkten Luftlinie zum Zielgebiet abweichen.

Die in diesem Beitrag abgehandelten, theoretisch erarbeiteten Sachverhalte sind wichtige Anhaltspunkte, die bei Eingriffen in die Landschaft ebenso zu berücksichtigen sind wie bei der Entscheidung für angemessene, dem Artenschutz wirklich dienliche Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen.

Zusammenfassung

Ausgehend von den bevorzugten Flughöhen fliegender und jagender Fledermäuse werden diese bezüglich ihrer Kollisionswahrscheinlichkeit vier Gefährdungsgruppen zugeordnet. Hinsichtlich ihrer unterschiedlichen Umwelterfassung wird zwischen fliegenden und jagenden Fledermäusen unterschieden. Für beide Gruppen wird anhand ihrer Flug- und der unterschiedlicher Fahrzeuggeschwindigkeiten und Fahrzeuglängen die Kollisionswahrscheinlichkeit mit dem die Flugbahn querenden Fahrzeugverkehr ermittelt.

Die artspezifischen Echogrenzen zugrundelegend, wird die Bedeutung intakter ökologischer Leitstrukturen für die Bewahrung der Fledermauspopulationen in der Landschaft beispielhaft erläutert und auf die Notwendigkeit artenschutzrelevanter Planungen, sowohl bei Eingriffen in die Landschaft als auch bei der Wahl zweckdienlicher Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen, dargelegt.

Auf den Ansatz dieser mathematischen Berechnungen wird ausdrücklich hingewiesen, da bislang keine genauen Erfassungen darüber vorliegen, aus welcher Entfernung die einzelnen Fledermausarten auf querende Fahrzeuge mit Ausweichmanövern zu reagieren beginnen.

Summary

The probability of collision of flying and foraging bats when crossing roads

Based on their preferred flight height during foraging activities, bats were grouped into four risk groups according to their collision risk. Because of their different perception of the environment, we differ between foraging and flying bats. The collision risk with vehicles crossing the flight route is calculated for both groups by taking into account the different velocities of the flying bats and the vehicles.

On the basis of the species-specific echolocation limits, the importance of coherent linear landscape elements for the protection of bat populations is explained and the necessity for species-specific planning during impact assessment studies as well as for adequate compensation measures is demonstrated.

This study is a mathematical model since there are no investigations done at which distances bats start to avoid the crossing vehicles.

Schrifttum

BRINKMANN, R. (2005): Positionspapier: Querungshilfen für Fledermäuse – Schadensbegrenzung bei der Lebensraumzerschneidung durch Verkehrsprojekte. Nyctalus (N.F.) **10**, 76-78.

HAENSEL, J., & RACKOW, W. (1996): Fledermäuse als Verkehrsopfer – ein neuer Report. Ibid. **6**, 29-47.

KIEFER, A., MERZ, H., RACKOW, W., ROER, H., & SCHLEGEL, D. (1994/95): Bats as traffic casualities in Germany. Myotis **32-33**, 215-220.

NEUWEILER, G. (1993): Biologie der Fledermäuse. Georg Thieme Verlag. Stuttgart.

SKIBA, R. (2003): Europäische Fledermäuse. D. Neue Brehm-Büch., Bd. **648**. Westarp Wissenschaften. Hohenwarsleben.

Dipl.-Lehrer BODO STRATMANN, Schreberstraße 38, D-06618 Naumburg

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Nyctalus – Internationale Fledermaus-Fachzeitschrift

Jahr/Year: 2006

Band/Volume: NF_11

Autor(en)/Author(s): Stratmann Bodo

Artikel/Article: Zur Kollisionswahrscheinlichkeit fliegender oder jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen 268-276