



S-Bahn Rhein-Main
4-gleisiger Ausbau Frankfurt(M) – West - Friedberg
2. Baustufe: Bad Vilbel - Friedberg
Vertiefende Erfassung der Fledermausfauna
an ausgewählten Querungsbauwerken



Auftraggeber

DB ProjektBau GmbH
Hahnstraße 49
60528 Frankfurt a.M.

Auftragnehmer

Institut für Tierökologie und Naturbildung
Altes Forsthaus, Hauptstr. 30
35321 Gonterskirchen

Juli 2014

Bearbeitung:

Dr. Markus Dietz (Projektleitung)

Dipl. Biol. Elena Höhne

B. Sc. Sandra Weimer

M. Sc. Mona Weitzel



Inhaltsverzeichnis

ZUSAMMENFASSUNG.....	4
1 ANLASS.....	5
2 UNTERSUCHUNGSGEBIET.....	6
3 METHODIK.....	7
Akustische Erhebungen.....	7
4 ERGEBNISSE.....	13
Bewertung.....	16
5 LITERATUR.....	17

Abbildungsverzeichnis

Abb. 1: Trassenverlauf der S-Bahnstrecke Rhein-Main zwischen Bad Vilbel- Friedberg und mit Batcordern beprobte Querungsbauwerke 2013 und 2014.	6
Abb. 2: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk b westlich von Karben.	9
Abb. 3: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk c südlich von Okarben.	10
Abb. 4: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk h südlich von Friedberg.	11
Abb. 5: Standorte der Batcorder b, c und h entlang der Trasse von Bad Vilbel nach Friedberg (genaue Lage siehe Abb. 3).	12

Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Übersicht zu Schutzstatus und Nachweisart der erfassten Fledermausarten.	13
Tab. 2: Durch automatische akustische Überwachung ermittelte Fledermausarten und deren Rufaktivität (Kontakte/Stunde).....	15

Zusammenfassung

Die Deutsche Bahn plant den Ausbau der Strecke 3900 (Kassel – Frankfurt) zwischen Bad Vilbel und Friedberg von zwei auf vier Gleise. Der Streckenausbau ist in drei Planfeststellungsabschnitte (PFA) eingeteilt, wobei die Abschnitte 1 und 2 zwischen Frankfurt(M)-West und Bad Vilbel bereits planfestgestellt sind. Das vorliegende Gutachten bezieht sich auf den Bauabschnitt zwischen Bad Vilbel und Friedberg.

Umfassende fledermauskundliche Untersuchungen wurden 2013 durchgeführt (ITN 2014). Als artenschutzrechtliche Vermeidungsmaßnahme wurden zur Vermeidung von Kollisionen mit dem Zugverkehr an drei Bauwerken (Durchläße) Kollisions- und Irritationsschutzwände empfohlen. Die Erforderlichkeit dieser Maßnahmen wurde mit vorliegendem Gutachten in 2014 durch eine erneute fledermauskundliche Untersuchung an den betroffenen Unterführungen überprüft. Die Untersuchungen erfolgten akustisch durch den Einsatz von automatisch akustischen Erfassungsgeräten (Batcordern) an den Querungsbauwerken.

Es wurden sieben Fledermausarten und ein Artenpaar eindeutig nachgewiesen. Die Bechsteinfledermaus und das Artenpaar Langohr wurden erstmalig an der Trasse erfasst. Eine Querung der Trasse durch die genannten Arten ist anzunehmen. Aufgrund ihres Echoortungs- und Flugverhaltens besteht für die strukturgebundenen Arten bei der Querung der Trasse die Gefährdung einer tödlichen Kollision mit dem Zugverkehr. Die empfohlenen Kollisions- und Irritationsschutzwände an den Querungsbauwerken sind somit erforderlich.

1 Anlass

Die Deutsche Bahn plant den Ausbau der Strecke 3900 (Kassel – Frankfurt) zwischen Bad Vilbel und Friedberg von zwei auf vier Gleise. Der Streckenausbau ist in drei Planfeststellungsabschnitte (PFA) eingeteilt, wobei die Abschnitte 1 und 2 zwischen Frankfurt(M)-West und Bad Vilbel bereits planfestgestellt sind. Das vorliegende Gutachten bezieht sich auf den Bauabschnitt zwischen Bad Vilbel und Friedberg.

Erfassungen der Fledermäuse erfolgten bereits 2008 und 2009 (Pöyry 2011) sowie vertiefend im Jahr 2013 durch das Institut für Tierökologie und Naturbildung (ITN 2014).

Durch die Verbreiterung der Trasse und die erhöhten Zugfrequentierungen wurde eine mögliche Zerschneidungswirkung des Lebensraums für Fledermäuse festgestellt (ITN 2014). Bestehende Querungsbauwerke ermöglichen die Querung der Trasse für Fledermäuse. Auf Grundlage der Ergebnisse der Fledermauserfassungen 2013 sind jedoch Irritations- und Kollisionsschutzmaßnahmen an den Querungsbauwerken b, c und h als mögliche Vermeidungsmaßnahmen vorgesehen (ITN 2014). Um die tatsächliche Erforderlichkeit dieser Maßnahme zu überprüfen, erfolgten in 2014 vertiefende Erhebungen an den Querungsbauwerken b, c und h.

2 Untersuchungsgebiet

Das Untersuchungsgebiet umfasst die bereits in 2013 untersuchten Querungsbauwerke b, c und h (ITN 2014) (Abb. 1).

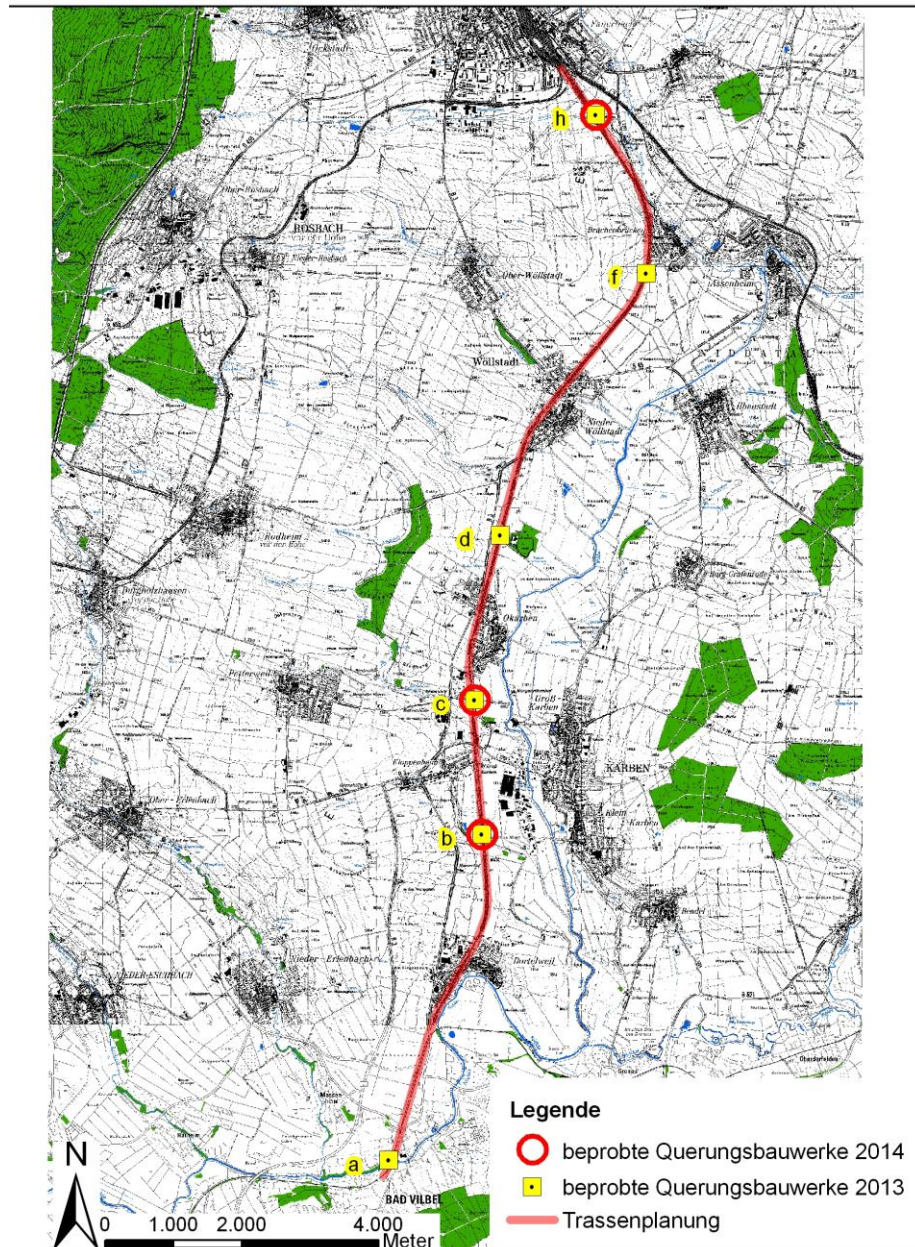


Abb. 1: Trassenverlauf der S-Bahnstrecke Rhein-Main zwischen Bad Vilbel- Friedberg und mit Batcordern beprobte Querungsbauwerke 2013 und 2014.

3 Methodik

In der vertiefenden Untersuchung 2014 wird v.a. der Wirkfaktor Zerschneidung im Bereich der Ausbaustrecke durch die Verbreiterung der Bahntrasse betrachtet. Die angewendeten Methoden werden im Folgenden ausgeführt.

Akustische Erhebungen

Dauerhafte akustische Erhebungen über mehrere Nächte wurden an drei bereits im Jahr 2013 identifizierten Querungsstellen (b, c und h) von Fledermäusen entlang des Trassenbereiches durchgeführt (Abb. 1). Solche Querungsstellen sind immer dann anzunehmen, wenn beispielsweise Gehölze (Hecken, Baumreihen) und/oder Fließgewässer die Bahntrasse queren oder wenn potentielle Nahrungshabitate und Quartiergebiet (Wälder/Siedlungen) beiderseits der Trasse liegen. Für die Vertiefung in 2014 kamen erneut automatisch aufzeichnende Batcorder 2.0 (Firma EcoObs) (zeitparallel sechs Geräte) zum Einsatz (Standorte der Batcorder siehe Abb. 5).

An drei Querungsstellen (b, c und h) wurden je zwei Batcorder, je einer westlich und östlich der Trasse, gestellt (Abb. 2, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5). Jedes Gerät wurde für eine Aufnahmezeit von 21:00 bis 06:00 im Zeitraum 16.06. – 26.06.14 und 30.06. – 04.07.2014 programmiert. Die aufgezeichneten Fledermausrufe wurden mit einer auf die Batcorder abgestimmten Analysesoftware am PC ausgewertet. Ergänzend kann die Analysesoftware BatSound 4.2 (Fa. Pettersson, Uppsala, Schweden) zu Einsatz.

Batcorder sind mit einem Ultraschalllaute aufnehmenden Ultraschallmikrofon ausgestattet. Weiter beinhaltet das Gerät einen Vorverstärker, der diese Aufnahmen verstärkt, einen Bandpassfilter, der Frequenzen unterhalb von 15 kHz (für den Menschen hörbar) und oberhalb von 170 kHz (keine Fledermausrufe mehr) eliminiert und einen Verstärker, der die Rufe im Anschluss an die Filterung nochmals verstärkt. Die Rufsequenzen werden mit einer Endspannung von ca. 2,5 V und einer hohen Qualität (500 kHz und 16 bit) auf einer auswechselbaren Speicherkarte (hier: 32 GB SDHC-Karte), die in das Batcorder-Gehäuse integriert werden kann, gespeichert. Jede positive Erkennung eines Fledermausruf-ähnlichen Signals löst das Schreiben einer neuen, fortlaufend nummerierten Datei aus, die mit dem exakten Aufnahmezeitpunkt (Datum, Uhrzeit) gespeichert wird. Der qualitative Schwellenwert für die Datenaufnahme („threshold“) wurde für das vorliegende Gutachten mit -27 db eingestellt.

Die Bestimmung der Fledermäuse erfolgte unter Berücksichtigung der Werke von Ahlén (1990), Dietz et al. (2007), Höhne (2011), Jones & van Parijs (1993), Miller & Degn (1981), Obrist et al. (2004), Parsons & Jones (2000), Pfalzer & Kusch (2003), Russo & Jones (2002), Schaub & Schnitzler (2007), Siemers & Schnitzler (2004), Skiba (2003), Vaughan et al. (1997), Weid & Helversen (1987) und Zingg (1990).

Langohrfledermäuse lassen sich anhand ihrer Ultraschalllaute nicht differenzieren, so dass die jeweils akustisch festgestellten Langohrfledermausrufe nicht eindeutig dem Braunen (*Plecotus auritus*) und/oder dem Grauen Langohr (*Plecotus austriacus*) zuzuordnen sind. Weiterhin wurden in der akustischen Auswertung die Rufe nicht näher zu bestimmender *Myotis*-Arten in Tabellen und Karten zu *Myotis spec.* zusammengefasst. Rufe der Gattungen *Eptesicus*, *Nyctalus* und *Vespertilio*, die sich nicht differenzieren ließen, sind als *Nyctaloid* vereint.

Die aufgezeichneten Rufe wurden mit Hilfe des Programms BCAnalyze vorausgewertet und im Weiteren einer Plausibilitätsprüfung unterzogen, da die automatisierte Bestimmung qualitativ nicht sicher ist. Hierfür wurden alle Rufhinweise von besonderen Arten (z.B. *Myotis*-Arten) mit Hilfe des Lautanalyse-Programms Batsound 3.1 (Fa. Pettersson) nachbestimmt. Für einen Teil der Rufe erfolgte lediglich die Differenzierung nach den Ruftypen *Myotis*-, *Pipistrellus*- sowie *Nyctaloiden*-Lauttyp. Zu den Vertretern des *Myotis*-Lauttyps gehören die Arten der Gattung *Myotis*, die beiden Langohr-Arten *Plecotus auritus* und *P. austriacus* sowie die Mopsfledermaus *Barbastella barbastellus*. Der *Pipistrellus*-Lauttyp vereint die Gattung *Pipistrellus* mit den drei Arten *P. nathusii*, *P. pipistrellus* und *P. pygmaeus*, der *Nyctaloiden*-Lauttyp umfasst die Arten *Nyctalus leisleri*, *N. noctula*, *Eptesicus serotinus*, *E. nilssonii* sowie die Zweifarbfledermaus *Vespertilio murinus* (Höhne 2011).

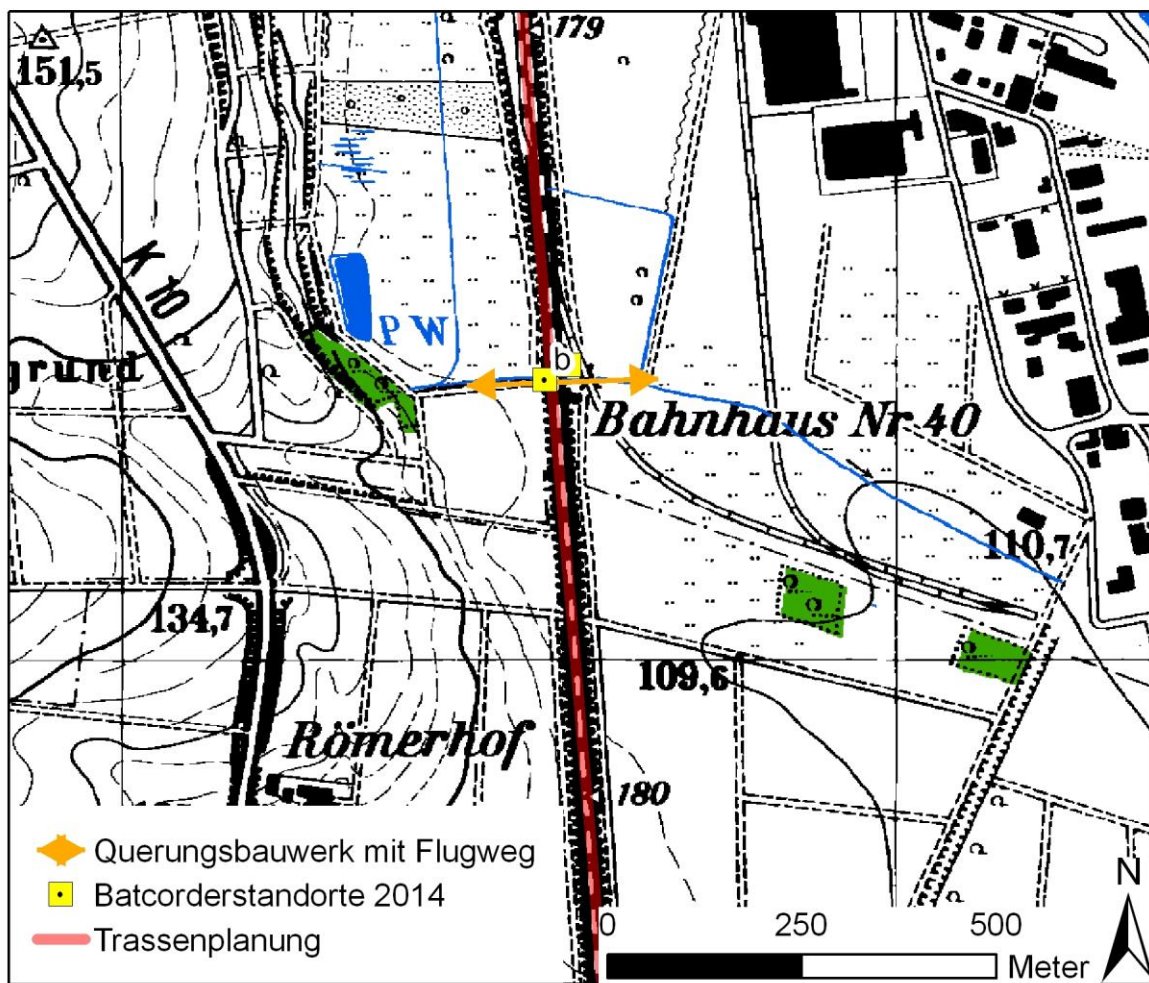


Abb. 2: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk b westlich von Karben.

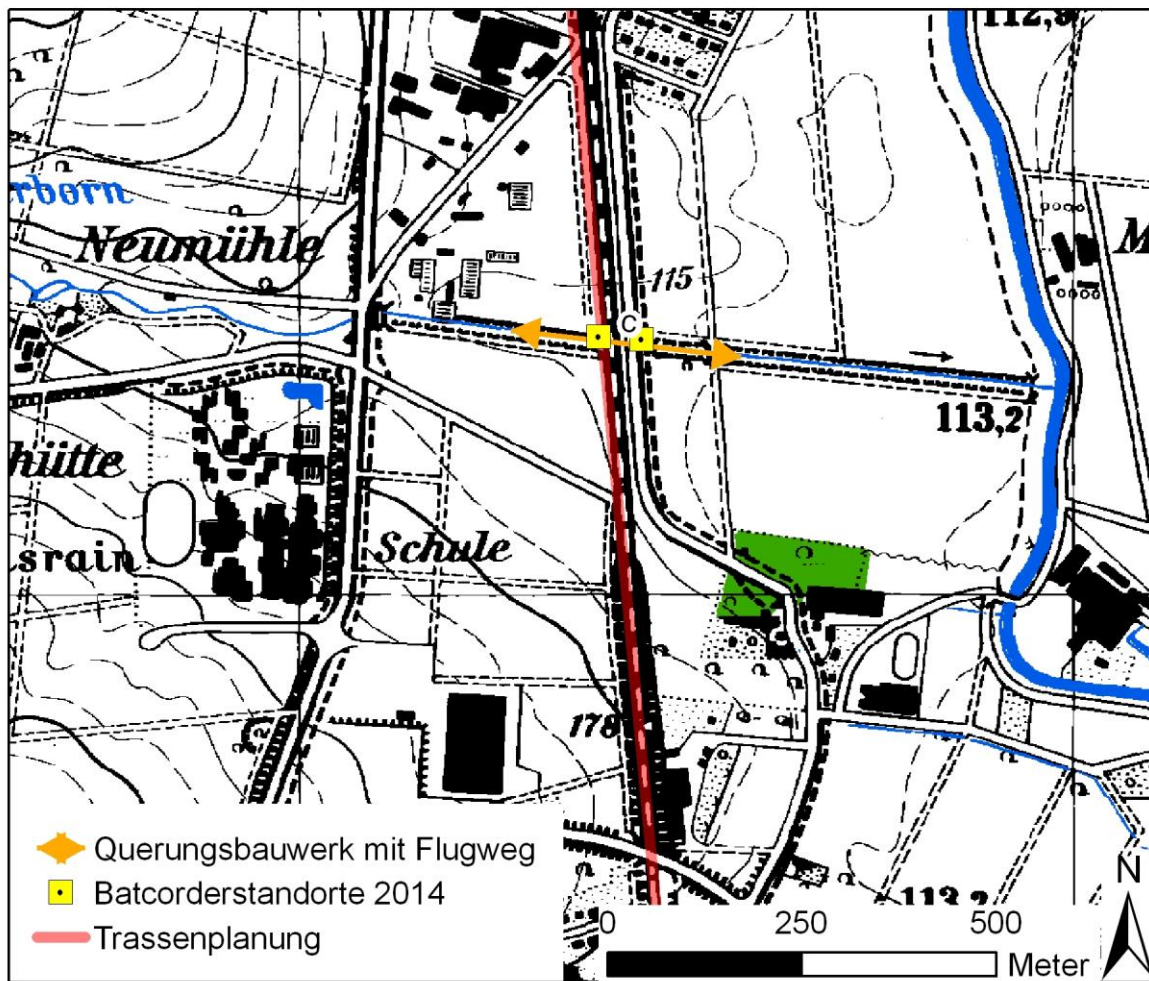


Abb. 3: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk c südlich von Okarben.

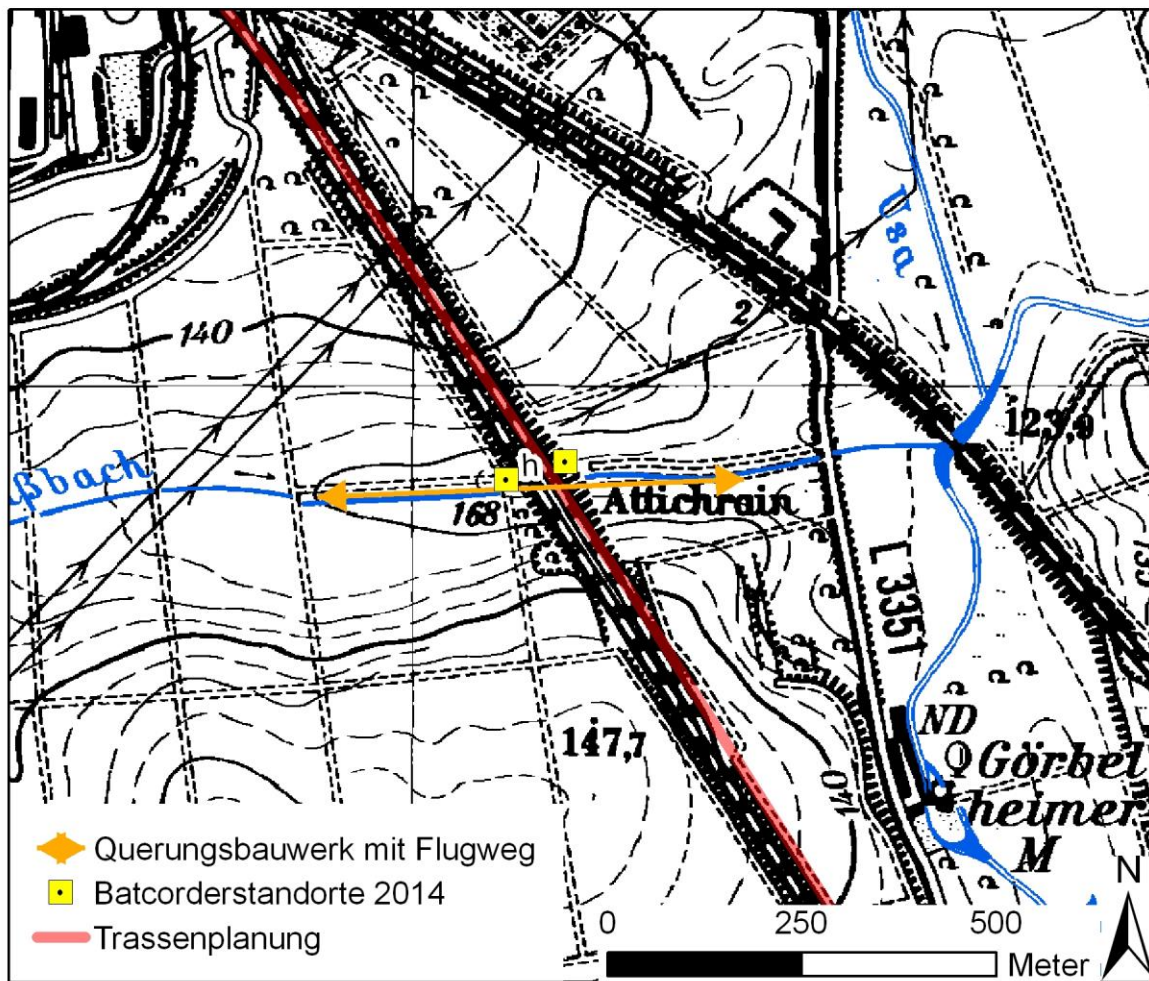


Abb. 4: Flugweg und Batcorderstandorte an Querungsbauwerk h südlich von Friedberg.



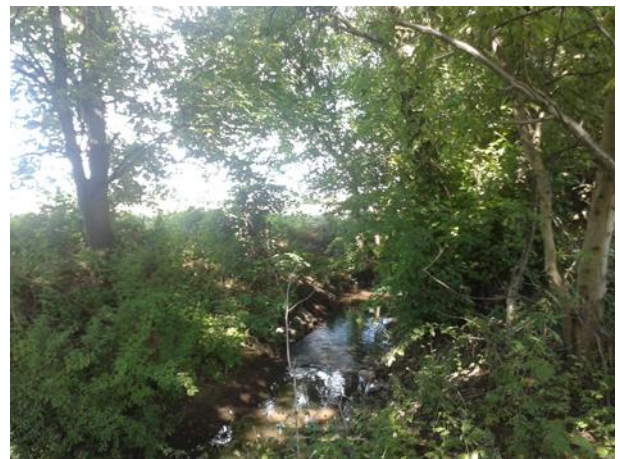
Batcorderstandort westl. vom Querungsbauwerk b



Batcorderstandort östlich vom Querungsbauwerk b



Batcorderstandort westl. vom Querungsbauwerk c



Batcorderstandort östlich vom Querungsbauwerk c



Batcorderstandort westl. vom Querungsbauwerk h



Batcorderstandort östlich vom Querungsbauwerk h

Abb. 5: Standorte der Batcorder b, c und h entlang der Trasse von Bad Vilbel nach Friedberg (genaue Lage siehe **Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.**).

4 Ergebnisse

Insgesamt wurden sieben Fledermausarten und ein Artenpaar (Langohrfledermaus spec.) an den drei Bauwerken festgestellt (Tab. 1). Alle Arten sind in Anhang IV der FFH-Richtlinie aufgeführt, die Bechsteinfledermaus zusätzlich in Anhang II. Mit Ausnahme der Zwergfledermaus und des Großen Abendseglers zählen alle nachgewiesenen Arten zu den stark gefährdeten Fledermausarten in Hessen.

Tab. 1: Übersicht zu Schutzstatus und Nachweisart der erfassten Fledermausarten.

Fledermausart		Schutzstatus				Nachweis
Deutscher Name	Wissenschaftlicher Name	Erhaltungszustand	FFH	RL D	RL Hessen	Batcorder
Breitflügelfledermaus	<i>Eptesicus serotinus</i>	G	IV	G	2	•
Bechsteinfledermaus	<i>Myotis bechsteinii</i>	G	II, IV	2	2	•
Fransenfledermaus	<i>Myotis nattereri</i>	G	IV	n	2	•
Kleiner Abendsegler	<i>Nyctalus leisleri</i>	G	IV	D	2	•
Großer Abendsegler	<i>Nyctalus noctula</i>	G	IV	V	3	•
Zwergfledermaus	<i>Pipistrellus pipistrellus</i>	G	IV	n	3	•
Rauhautfledermaus	<i>Pipistrellus nathusii</i>	G	IV	n	2	•
Langohrfledermaus unbestimmt *	<i>Plecotus auritus/</i>	G	IV	V	2	•
	<i>austriacus</i> *	U	IV	2	2	•

* = eine akustische Unterscheidung der beiden Arten ist nicht möglich

• = Nachweis

Der Erhaltungszustand der Arten gilt für Hessen: G = günstig, U = unzureichend, S = schlecht, x = Daten defizitär (HMUELV 2011).

FFH = Fauna-Flora-Habitat-Richtlinie, Anhänge II & IV (FFH-Richtlinie 1992).

RL = Kategorien der Roten Listen: 1 - vom Aussterben bedroht, 2 - stark gefährdet, 3 - gefährdet, G - Gefährdung anzunehmen,

D - Daten defizitär, V - Vorwarnliste, n - derzeit nicht gefährdet.

Angaben für Hessen nach Kock & Kugelschäfer (1996), für Deutschland nach Meinig et al. (2009).

Es wurden im Vergleich zu 2013 drei Arten neu im Untersuchungsgebiet erfasst (Tab. 1). Die Breitflügelfledermaus, die Bechsteinfledermaus und die Artengruppe Langohr (Braunes/Graues Langohr) wurden im Jahr 2013 nicht eindeutig nachgewiesen (ITN 2014). Die 2013 nachgewiesene Artengruppe Bartfledermaus, die Wasserfledermaus und die Mückenfledermaus konnten hingegen 2014 nicht erneut verortet werden. Zu beachten ist jedoch der geringere methodische Untersuchungsaufwand im Jahr 2014

(vgl. Kap. 3). Die Wasserfledermaus wurde z.B. 2013 lediglich durch die Methode Netzfang nachgewiesen. Netzfänge wurden 2014 nicht durchgeführt. Die meisten Arten (sechs) wurden am Querungsbauwerk b nachgewiesen (Tab. 2).

Insgesamt wurden 4664 Fledermauskontakte in 498,7 Erfassungsstunden aufgenommen. Durchschnittlich betrug die Aktivität an den Querungsbauwerken somit 9,4 Kontakte pro Stunde. An Querungsbauwerk b war die Aktivität mit durchschnittlich 26,2 Kontakten pro Stunde auf der Westseite am größten (Tab. 2). Die geringste Aktivität (im Mittel 1,8 Kontakte/Stunde) wurde an der Ostseite des Querungsbauwerkes b festgestellt (Tab. 2). Die Aktivitäten waren an allen drei Querungsbauwerken auf den jeweiligen Seiten (Ost/West) unterschiedlich hoch (Tab. 2).

Die Zwergfledermaus wurde an allen drei Querungsbauwerken am häufigsten nachgewiesen. Die maximale durchschnittliche Aktivität dieser Art betrug 25,2 Kontakte pro Stunde und war auf der Westseite des Querungsbauwerkes c zu verorten (Tab. 2). Aktivitäten der Arten der Gattung *Myotis* wurden an allen drei Querungsbauwerken erfasst. Mit den eindeutig identifizierten Arten Bechsteinfledermaus und Fransenfledermaus wurden stark strukturgebunden fliegende Arten nachgewiesen (Tab. 2). Dazu gehört ebenso die Artengruppe Langohrfledermaus. Die Aktivitäten dieser und der Arten der *Myotis*-Gattung waren im Vergleich gering (Tab. 2). Jedoch ist zu beachten, dass die Rufe dieser Arten sehr leise sind und somit die Wahrscheinlichkeit diese akustisch zu erfassen viel geringer ist, als z.B. Arten der Gattung *Pipistrellus*.

Tab. 2: Durch automatische akustische Überwachung ermittelte Fledermausarten und deren Rufaktivität (Kontakte/Stunde).

	Querungsbauwerk h		Querungsbauwerk c		Querungsbauwerk b	
BC-Standort/ Art	Ost	West	Ost	West	Ost	West
Anzahl Erfassungsstunden	51,3	100,4	126	50	36	135
<i>Eptesicus serotinus</i>					0,03	
<i>Myotis bechsteinii</i>						0,01
<i>M. nattereri</i>			0,02			
<i>M. spec.</i>	0,1	0,02	0,04	0,08		0,01
<i>Nyctalus leisleri</i>	0,04	0,01		0,06		0,01
<i>N. noctula</i>	0,06	0,05		0,28		0,09
Nyctaloid	0,19	0,26		1,26	0,03	0,19
<i>Nyctalus spec.</i>	0,39	0,12		0,54		0,08
<i>Pipistrellus nathusii</i>						0,01
<i>P. pipistrellus</i>	14,84	9,5	2,46	25,2	1,75	7,73
<i>Plecotus spec.</i>					0,03	
Σ Kontakte/h	15,64	9,95	2,52	26,24	1,83	8,13
Σ Arten	4	4	2	4	3	5

5 Bewertung

Das vorliegende Gutachten bestätigt und erweitert das Artenspektrum der bisherigen Untersuchungen entlang der Trasse. Die bereits 2011 von Pöyry (2011) nachgewiesene, jedoch 2013 nicht bestätigte Breitflügelfledermaus wurde 2014 akustisch an einem Querungsbauwerk der Trasse erfasst. Das vermutete Vorkommen von Langohrfledermäusen (ITN 2014), wurde mit einer eindeutigen akustischen Aufnahme an einem Querungsbauwerk 2014 bestätigt. Als weitere Art der Gattung *Myotis* wurde 2014 die Bechsteinfledermaus an einem Querungsbauwerk verortet.

Neben einer regelmäßigen nächtlichen Aktivität der Zwergfledermaus an allen drei Bauwerken bestätigen der Nachweis der Bechsteinfledermaus sowie der Fransen- und Langohrfledermaus die Notwendigkeit der Irritations- und Kollisionsmaßnahmen an den Querungsbauwerken. Die genannten Arten fliegen strukturgebunden an Hecken und Baumreihen entlang und sammeln ihre Beute u.a. vom Blattwerk ab. Tiere dieser Arten würden ohne entsprechende Maßnahmen die Trasse überwiegend in geringer Höhe über dem Boden überfliegen und dabei potentiell mit dem Zugverkehr kollidieren. Nach derzeitigem Kenntnisstand sind Fledermäuse nicht in der Lage mit Hilfe ihres Echoortungssystems sich bewegende Fahrzeuge bezüglich des Ortes und der Geschwindigkeit exakt einzuschätzen. Kollisionen mit Fahrzeugen enden stets tödlich. Studien zu Fledermäusen als Opfer im Straßenverkehr sind bereits mehrfach veröffentlicht worden, eine erhöhte Kollisionsgefahr an Verkehrswegen besteht vor allem dort, wo linienförmige Vegetationsstrukturen wie z.B. Baumreihen oder Hecken in direkter Linie auf die Trasse zuführen (Kiefer et al. 1995, Haensel & Rackow 1996, Rudolph 2004, Lesinski 2007, Lesinski et al. 2010)

Zum Erhalt der Querungsmöglichkeiten nach Fertigstellung der Gleisergänzungen muss das gegenwärtig bestehende Maß für die Unterquerungsmöglichkeiten erhalten werden. Dies bedeutet, dass die Grabenunterführungen (Flugwege/Bauwerke b, c und h) als Kastenprofil in den bestehenden Maßen erhalten werden und gleichzeitig ein Überfliegen der Trasse an diesen Stellen gefahrlos möglich ist. Die an anderen Stellen vorhandenen Wirtschaftswegeunterführungen weisen ein für Fledermäuse ausreichendes Profil auf, hier sind keine Ergänzungen erforderlich.

Aufgrund der erhöhten Verkehrszahlen ist es erforderlich, an den Querungsbauwerken b, c und h einfache Kollisions- und Irritationsschutzmaßnahmen anzubringen. Dies bedeutet, dass z.B. eine kombinierte Holz- und Drahtwand auf dem Bauwerk errichtet wird. Die unteren beiden Meter bestehen aus einer lichtdichten Holzwand, die oberen beiden Meter aus durchflugdichtem Maschendraht (Maschenweite ca. 3x3 cm). Die Überstandslängen beidseitig des Bauwerks sollten hier mindestens 5 m betragen (= Gesamtlänge LW plus 10 m). In der Konsequenz sind die Unterführungen damit durch lichtdichte und schalldämpfende Wände geschützt, so dass die entsprechenden Wirkfaktoren (Licht, Kollisionsgefahr) sich nicht negativ auf die Querung der Fledermäuse auswirken.

6 Literatur

- Ahlén, I. (1990): Identification of bats in flight. Swedish Society for Conservation of Nature and The Swedish Youth Association for Environmental Studies and Conservation. Stockholm.
- Dietz, C., Helversen, O. v. & Nill, D. (2007): Handbuch der Fledermäuse Europas und Nordwestafrikas. Biologie, Kennzeichen, Gefährdung. Kosmos Verlag, Stuttgart, 399 S.
- Haensel, J. & Rackow, W. (1996): Fledermäuse als Verkehrsoffer - ein neuer Report. *Nyctalus* 6 (1): 29-47.
- Höhne, E. (2011): Raum-Zeitliches Aktivitätsmuster von Fledermäusen (Chiroptera) in Streuobstwiesen. Diplomarbeit Universität Jena, unveröffentlicht, 131 S.
- ITN - Institut für Tierökologie und Naturbildung (2014): S-Bahn Rhein-Main. 4-gleisiger Ausbau Frankfurt (M) – West – Friedberg. Erfassung der Fledermausfauna. Gutachten im Auftrag der DB Projektbau GmbH. 44 S.
- Jones, G. & van Parijs, S.M. (1993): Bimodal echolocation in pipistrelle bats: are cryptic species present? *Proceedings of the Royal Society of London, Series B - Biological Sciences*, 251: 119-125.
- Kiefer, A., Merz, H., Rackow, W., Roer, H. & Schlegel, D. (1995): Bats as traffic casualties in Germany. *Myotis* 32/33: 215-220.
- Kock, D. & Kugelschafter, K. (1996): Rote Liste der Säugetiere, Reptilien und Amphibien Hessens. Teilwerk I Säugetiere. In: Hessisches Ministerium des Inneren und für Landwirtschaft, Forsten und Naturschutz (Hrsg.): Rote Listen der Pflanzen- und Tierarten Hessens. S. 7-22, Wiesbaden.
- Lesinski, G. (2007): Bat road casualties and factors determining their numbers. *Mammalia*: 138-142.
- Lesinski, G., Sikora, A. & Olszewski, A. (2010): Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape. *European Journal of Wildlife Research*: 217-223.
- Meinig, H., Boye, P. & Hutterer, R. (2009): Rote Liste und Gesamtartenliste der Säugetiere (Mammalia) Deutschlands. In: Bundesamt für Naturschutz (Hrsg.): Rote Liste gefährdeter Tiere, Pflanzen und Pilze Deutschlands. S. 115-153, Bonn – Bad Godesberg.
- Miller, L.A. & Degen, H.J. (1981): The acoustic behaviour of four species of vespertilionid bats studied in the field. *J. Comp. Physiol. A* 142: 67-74.
- Obrist, M.K., Boesch, R. & Fluckiger, P.F. (2004): Variability in echolocation call design of 26 Swiss bat species: consequences, limits and options for automated field identification with a synergetic pattern recognition approach. *Mammalia* 68: 307-322.

- Parsons, S. & Jones, G. (2000): Advantages and disadvantages of techniques for transforming and analyzing chiropteran echolocation calls. *Journal of Mammalogy* 81: 927-938.
- Pfalzer, G. & Kusch, J. (2003): Structure and variability of bat social calls: implications for specificity and individual recognition. *Journal of Zoology, London* 261: 21-33.
- Pöyry (2011): S-Bahn Rhein-Main. 4-gleisiger Ausbau Frankfurt (m)-West – Friedberg. 2. Baustufe: Bad Vilbel – Friedberg. Umweltverträglichkeitsstudie.
- Russo, D. & Jones, G. (2002): Identification of twenty-two bat species (Mammalia: Chiroptera) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls. *Journal of Zoology, London* 258: 91-103.
- Schaub, A. & Schnitzler, H.U. (2007): Echolocation behavior of the bat *Vespertilio murinus* reveals the border between the habitat types "edge" and "open space". *Behavioral Ecology and Sociobiology* 61: 513-523. Berlin.
- Siemers, B.M. & Schnitzler, H.U. (2004): Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species. *Nature* 429: 657-661.
- Skiba, R. (2003): Europäische Fledermäuse. Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung. Westarp Wissenschaften-Verlags GmbH, Hohenwarsleben.
- Vaughan, N., Jones, G. & Harris, S. (1997): Habitat use by bats (Chiroptera) assessed by means of a broad-band acoustic method. *J. Appl. Ecol.* 34: 716-730.
- Weid, R. & Helversen, O.v. (1987): Ortungsrufe europäischer Fledermausarten beim Jagdflug im Freiland. *Myotis* 25: 5-27.
- Zingg, P.E. (1990): Akustische Artidentifikation von Fledermäusen (Mammalia: Chiroptera) in der Schweiz. *Revue Suisse de Zoologie* 97: 263-294.