



Hinweise zur ökologischen Wirkungsprognose in UVP, LBP und FFH-Verträglichkeitsprüfungen bei Aus- und Neubau- maßnahmen von Eisenbahnen des Bundes

Hinweis (06.11.2006):

Im Vorgriff auf eine Überarbeitung erfolgt der Hinweis, dass die Empfehlung in Kapitel 4.8, nach der zumindest bei Wiesenvögeln vorsorglich von der Möglichkeit einer Beeinträchtigung durch Schienenlärm ausgegangen und die in TULP (2002) angegebenen Werte angewendet werden sollten, nicht aufrecht erhalten wird. Diese veränderte Einschätzung resultiert aus den vorläufigen Ergebnissen eines Forschungsvorhabens im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Bau und Stadtentwicklung (MIERWALD et al. in Vorbereitung), das bereits auf Grundlage des gegenwärtigen Bearbeitungsstandes erkennen lässt, dass erhebliche Auswirkungen des Schienenlärms auf die Avifauna nur bei einer begrenzten Zahl von Arten und nur bei einer sehr hohen Verkehrsdichte anzunehmen sein dürften.

Themen:

- **Bahnanlagen als Lebensraum und ihre Berücksichtigung im Untersuchungsrahmen nach § 5 UVPG**
- **Auswirkungen von Eisenbahnen auf Tiere und Pflanzen**
- **Literaturauswertung und –übersicht**
- **Hinweise zur Anwendung des Kenntnisstandes zu diesen Themen bei der Erarbeitung von UVS, LBP und FFH-Verträglichkeitsprüfungen im Rahmen der Planfeststellung für Eisenbahnen des Bundes**

Stand: März 2004

Bearbeiter: Eckhard Roll

Inhaltsverzeichnis:

1. BAHNSPEZIFISCHE WIRKFAKTOREN-----	5
2. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF PFLANZEN UND PFLANZENGESELLSCHAFTEN DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN -----	21
3. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF SÄUGETIERE DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN-----	30
4. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF VÖGEL DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN-----	37
5. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF REPTILIEN DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN-----	51
6. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF AMPHIBIEN DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN-----	56
7. BAHNSPEZIFISCHE AUSWIRKUNGEN AUF WIRBELLOSE DURCH AUS- UND NEUBAUMAßNAHMEN VON BAHNANLAGEN-----	61
8. TIERARTENERFASSUNG IM ZUGE VON AUSBAUMAßNAHMEN -----	66
9. WIRKUNGSPROGNOSE – ZUSAMMENFASSUNG-----	67
10. KONZEPTION VON TRASSENNAHEN GESTALTUNGS-, VERMEIDUNGS- UND KOMPENSATIONSMAßNAHMEN - DISKUSSION -----	69
11. KOMMENTIERTES LITERATURVERZEICHNIS -----	71

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Zusatzstoffe von Weichenschmiermitteln in der Schweiz (nach BUWAL 1992)-----	11
Tabelle 3: Grenz- oder Orientierungswerte für Verbrennungsemissionen aus der Dieseltraktion im Schienenverkehr-----	13
Tabelle 4: Inhalte von Kunststoffbremsen bei der Schweizer Bundesbahn (nach BUWAL 1992) -----	14
Tabelle 5: Müllmengen an Schienenwegen nach ODZUCK (1978) -----	15
Tabelle 6: Grenz- und Orientierungswerte für Partikelemissionen aus der Dieseltraktion im Schienenverkehr. -----	16
Tabelle 7: Zusammenstellung der Emissionen aus dem Schienenverkehr-----	18
Tabelle 8: Kollisionen von Säugetieren im Schienenverkehr -----	31
Tabelle 9: Vergleich der Mortalität im Schienen- und Straßenverkehr auf der Grundlage von Beringungsaktionen-----	40
Tabelle 10: Vogelschlag durch Kollisionen im Bahnverkehr: Streckenbezogene Untersuchungen ----	41
Tabelle 11: Verteilung der Vogelkollisionen auf Artengruppen und Arten -----	42
Tabelle 12: Empfehlung zur Tierartenerfassung bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsgelände--	66

Einleitung

Während die Auswirkungen von Straßen auf den Naturhaushalt in einer Vielzahl von Untersuchungen beschrieben wurden, liegen zu den Auswirkungen von Bahnanlagen auf Tiere und Pflanzen deutlich weniger Erkenntnisse vor, die zudem bei Fachbehörden und Planungsbüros häufig unbekannt sind und sich mit einem vertretbaren Zeitaufwand in Planungs- und Genehmigungsverfahren nicht beschaffen lassen. Häufig werden Ergebnisse aus dem Straßenverkehr als beste verfügbare wissenschaftliche Grundlage auch zur Beurteilung von Eisenbahnneu- und ausbauten genutzt.

Bahnanlagen weisen jedoch in Anlage und Betrieb verschiedene Charakteristika auf, die abweichende Auswirkungen auf Lebensräume auslösen. Auch machen einige vorliegende Studien deutlich, dass eine einfache Übertragung der Erkenntnisse aus dem Straßenverkehr auf die Schiene zu Fehleinschätzungen und damit zu fehlerhaft konzipierten Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen führen kann. Neue Anforderungen des Umweltrechtes, wie die FFH-Richtlinie oder die Neugestaltung der Eingriffsregelung erfordern jedoch mehr denn je zutreffende Prognosen auch als Grundlage einer sinnvollen Konzeption von Vermeidungs- und Kompensation- bzw. Kohärenzmaßnahmen.

Die vorliegende Literaturoberrwertung geht vor allem den folgenden Fragen nach, die für Eingriffsregelung, Umweltverträglichkeitsprüfungen und FFH-Verträglichkeitsprüfungen im Rahmen der Planfeststellung von Bahnanlagen relevant sind:

- Welche Lebensräume und Artengruppen können durch Ausbaumaßnahmen an Bahnanlagen, also durch die Veränderung von Bahnanlagen und trassennaher Lebensräume vorrangig beeinträchtigt werden und auf welche Artengruppen und Lebensräume müssen die Grundlagenenerhebungen zu diesen Ausbaumaßnahmen fokussiert werden?
- Welche wissenschaftliche Grundlagen können als Hilfestellung für die Prognose bahnspezifischer Auswirkungen herangezogen werden?
- Welche Einschränkungen und Möglichkeiten ergeben sich bei der Nutzung trassennaher Flächen für Kompensationsmaßnahmen?
- Für welche Fragestellungen muss ein vorrangiger Forschungsbedarf festgestellt werden?

Die Auswertung beginnt mit einer Übersicht über relevante Wirkfaktoren. In den folgenden Kapiteln werden die Lebensraumeignung von Bahnanlagen sowie die Beeinträchtigung durch bahnspezifische Wirkfaktoren nach Artengruppen geordnet dargestellt.

Die vorliegende Literaturübersicht beschränkt sich auf diejenigen Auswirkungen, die spezifisch für Bahnanlagen sind. Es wird davon ausgegangen, dass die baubedingten Auswirkungen mit wenigen Ausnahmen mit denen des Straßenbaus identisch sind, so dass auf die hierzu erschienenen Untersuchungen verwiesen werden kann. Von den anlage- und betriebsbedingten Auswirkungen werden nur diejenigen erfasst, die für Bahnanlagen spezifisch sind. So werden bspw. die Auswirkungen von Bahnstromleitungen nicht erfasst, da diese in ihrer Anlage und Wirkung mit anderen Hochspannungsleitungen identisch sind, so dass auch hier auf die einschlägige Literatur hingewiesen werden kann. Gleiches gilt für diverse Ingenieurbauwerke wie Brücken, Tunnel, Dämme etc. Andere Bauwerksteile wie Schotterkörper, Schiene oder Oberleitungen sind dagegen auf Bahnanlagen beschränkt.

Bahnspezifische Untersuchungen sind relativ selten, so dass eine Beschränkung auf in Deutschland erfolgte Publikationen keine umfassende Übersicht über den Stand der Wissenschaft liefern würde. Soweit bekannt, werden daher Quellen aus anderen europäischen Ländern sowie Nordamerika herangezogen. Zusätzlich zu der herangezogenen Literatur werden auch Erfahrungsberichte von Mitarbeitern des EBA, der DB sowie von externen Fachleuten verwertet.

Die vorliegende Literaturübersicht erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Das Eisenbahn-Bundesamt ist für jeden Hinweis auf einschlägige Quellen dankbar. Entsprechende Angaben werden erbeten an:

Eckhard Roll
Eisenbahn-Bundesamt
Außenstelle Köln
Werkstattstr.102
50733 Köln
Tel.: 0221-91657-141
Fax: 0221-91657-491
E-Mail: RollE@eba.bund.de

1. Bahnspezifische Wirkfaktoren

1.1 Struktur und Ausstattung von Bahnanlagen

Einführend werden die typischen Anlagencharakteristika von Bahnanlagen beschrieben.

Gradiente/ Linienführung

Eisenbahnstrecken weisen geringere Kurvenradien und Höchststeigungen als viele Straßen auf, so dass bereits in wenig bewegtem Gelände Steigungen häufiger durch Einschnitte, Brücken und Tunnel bewältigt werden, als dies bei Straßen (mit Ausnahme von Autobahnen, Bundesstraßen oder vergleichbare Vorhaben) der Fall ist. Diesem Umstand wird in Hinblick auf die Barrierewirkung durch Bahnstrecken sowie die Verbreitung von Arten über Bahnstrecken von verschiedenen Autoren Bedeutung beigemessen (BUWAL 2001).

Aufbau des Trassenkörpers

Der Trassenkörper wird aus Unterbau und Oberbau gebildet.

Der **Unterbau** hebt das eigentliche Gleis mindestens 1,5m über den Grundwasserspiegel. Er ist dachartig aufgebaut und besteht in der Regel aus einem gut drainierten Kies-Sand oder Schlacke-Sand-Gemisch. Der Unterbau hält in trockenem Zustand hohen Belastungen stand, gibt aber nach, wenn er nass wird. Eine gute Wasserableitung ist daher von entscheidender Bedeutung.

Die Anlage von Dämmen erfolgt heute häufig in Schichtbauweise: 30-40 cm dicke Schichten werden aufgetragen und je nach Anforderungen stark verdichtet. Die Verdichtung erfolgt so, dass ein Gefälle von 5% entsteht. Die Seitenhänge werden so geglättet, dass ein Gefälle von 2:3 entsteht. Durch die Glättung wird das randlich liegende Material gelockert und hier die Schichtung aufgehoben. Die Folge ist die Bildung von zwei Horizonten: Ein innerer horizontal geschichteter Horizont und ein seitlich aufliegender, ungeschichteter und lockerer Bereich. Durch die Schichtung erfolgt die Wasserableitung, so dass an deren Ende Sickerquellen auftreten können (JUCHLER & STICHER 1984). Dies hat zur Folge, dass sich am Dammfuß manchmal feuchte Bereiche ausbilden. Die Verdichtung wird durch die Zugabe von Kalk verbessert, so dass sich in mehrjährigen Dämmen Kalkanreicherungszone und an den Quellaustritten Kalkuffbereiche ausbilden. Der Damm wird häufig mit einer Mutterbodenschicht in unterschiedlicher Mächtigkeit abgedeckt, bei Anspritzverfahren wird darauf verzichtet. Bei normaler Bauweise weist die Abdeckung des Unterbaus ein normales Porenvolumen und damit eine durchschnittliche Wasserverfügbarkeit für Pflanzen auf.

Der Unterbau schließt mit der **Frostschuttschicht** mit einer Mächtigkeit von ca. 50cm ab, auf der eine **Planumsschutzschicht** von 20cm Dicke aufgebracht wird. Auf der Planumsschutzschicht liegen Oberbau und Randweg (ca. 1m Breite).

Über der PSS liegt der Oberbau. Dieser besteht aus einer **Schotterschicht** von 30 bis 50 cm, in Gleiszwischenräumen werden feinkörniger Kies, Grus, Sand oder andere inerte Materialien wie Schmelzkammergut eingebaut. Der Schotter muss hart genug sein, um die Last der Züge zu tragen. Weiterhin muss er frost- und hitzbeständig sein, da im Gleisbereiche hohe Temperaturunterschiede zu verkräften sind. Durch verschiedene Körnungen wird das Schotterbett stabil und wasserdurchlässig gehalten. Das am häufigsten verwendete Material ist Granit. Der gesamte Oberbau ist darauf ausgerichtet, Wasser so schnell wie möglich abzuführen und den Kapillaraufstieg zu verhindern, da die Toleranz des Systems gegen frost- oder wasserbedingte Reliefänderungen äußerst gering ist. Das Wasser wird über die **Planumsschutzschicht** zum großen Teil aus dem Oberbau abgeleitet. Der Schotterkörper stellt

außerdem das Federungssystem zur gleichmäßigen Kraftableitung für den Eisenbahnverkehr dar: Schotter und Schienen bilden gemeinsam ein schwingungsfähiges System, das die gleichmäßige Verteilung der Kräfte und Stöße auf den Unterbau sicherstellt. Weiterhin erhöht der Schotter die Quersteifigkeit des Gleises. Die ständige Krafteinwirkung zertrümmert den Schotter und führt zur Bildung von Feinmaterial, so dass ein periodischer Austausch erforderlich ist. Auf dem Schotterkörper werden die **Schwellen** verlegt. Dabei handelte es sich in der Vergangenheit um Holz(Eichen-)schwellen, die mit Carbolineum imprägniert waren. Bei Neu-, Ausbau- und Instandhaltungsmaßnahmen werden heute meist Betonschwellen eingebaut. Auf den Schwellen liegen die **Schienen**, die an Nebenstrecken eine Höhe von 149 mm (S49) und regelmäßig eine Höhe von 172 mm (UIC) aufweisen. Bei Hochgeschwindigkeitsstrecken kann der Oberbau aus einer **festen Fahrbahn**, das heißt einer Betonschicht bestehen, auf der die Schienen montiert werden. An diese Betonschicht wird seitlich Schotter angeschüttet.

An den Schotterkörper schließt der **Randweg** an, der aus Sicherheitsgründen und zur Aufrechterhaltung des Wasserabflusses ebenfalls vegetationsfrei gehalten werden muss. Er weist eine sandige Oberfläche auf und dient Kontrollgängen sowie als Fluchtweg in Notfällen.

Auch in **Bahnhöfen** ist der humose Boden abgetragen und durch wasserdurchlässige Materialien (Sand, Kies, Schotter) ersetzt. Dieses Substrat liegt in Gleiswickeln offen. Wege und Lagerplätze auf Bahnhöfen sind stellenweise mit Split, feinem Granitschotter oder stellenweise auch noch Kohlschlacke aus der Dampflokzeit abgedeckt. Durch die Vielzahl parallel ausgerichteter Gleise und Verbindungsweichen kann die Anzahl der nicht geschotterten Zwischenräume hoch sein.

Zur Elektrifizierung des Bahnverkehrs sind Einrichtungen zur Energieversorgung der Fahrzeuge erforderlich. Die direkte Stromversorgung erfolgt über die **Oberleitungen**. Diese werden durch parallel zur Oberleitung verlaufende **Speiseleitungen** versorgt. Die Zuführung der Energie aus dem Netz erfolgt durch **Bahnstromleitungen**. Dies sind Hochspannungsleitungen, die sich in Anlage und Führung nicht wesentlich von den Hochspannungsleitungen der übrigen Energieversorger unterscheiden. Während Ober- und Speiseleitungen spezifische Wirkungen aufweisen, kann in Bezug auf Bahnstromleitungen auf die einschlägige Literatur zu Hochspannungsleitungen verwiesen werden. Sie werden daher in der weiteren Betrachtung nicht berücksichtigt.

Auf dem Oberbau finden sich weiterhin diverse **Signal- und Fernmeldeeinrichtungen sowie Starkstromleitungen**. Zahlreiche Bahnstrecken werden derzeit mit einem GSM-R Mobilfunksystem ausgestattet, das die Einrichtung von Funkfeststationen (Sende- und Empfangsmasten) in regelmäßigen Abständen entlang der Strecke erfordert. Streckenparallel auf dem Oberbau verlaufen häufig **Kabeltröge**, in denen verschiedene Signal-, Fernmelde- und Starkstromkabel geführt werden.

1.2 Grundlagen zur Prognose bahnspezifische Wirkfaktoren

1.2.1 Lebensraumverlust durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

Der Lebensraumverlust durch die Neubeanspruchung von bisher außerhalb von Bahnanlagen gelegenen Bereichen stellt auf der Ebene der Planfeststellung keine spezifischen prognostischen Probleme, so dass hier keine weiteren Ausführungen erforderlich sind.

Gerade bei Ausbaumaßnahmen werden jedoch die Bahnanlagen selbst häufig stark verändert und mit ihnen die Lebensräume und Arten, die sich hier angesiedelt haben. Da der Bahnkörper als spezifischer Lebensraum in Biotopschlüsseln, Biotopwertverfahren o.ä. kaum

Niederschlag findet, wird in den Kapiteln 2. bis 9. die Bedeutung der Bahnanlagen für einzelne Artengruppen erörtert, um Hinweise für Untersuchungsrahmen, Prognose und Maßnahmen zu gewinnen.

1.2.2 Bahnspezifische Änderungen der Habitat- und Nutzungsstruktur

Bahnanlagen wirken über den Oberbau hinaus auf die Habitat- und Nutzungsstruktur ihrer Umgebung ein. Dies erfolgt vor allem betriebsbedingt durch den Gehölzrückschnitt zur Freihaltung der Signalsicht, der Randwege, zum Schutz des Lichtraumprofils und eventuell vorhandener Fernmelde-, Freileitungs- bzw. Luftkabelnlinien vor einwachsenden Gehölzen sowie dem Schutz der spannungsführenden Anlagenteile (Oberleitungen, Speiseleitungen). Die Rückschnitte erfolgen in Form von Rodungen oder in Form einer Niederwaldbewirtschaftung.

Bahnanlagen selbst stellen in der sich ständig wandelnden Landschaft eine Zone mit hoher Standortkonstanz in Hinblick auf Habitat- und Nutzungsstruktur dar. Die meisten Bahnanlagen wurden im vorletzten Jahrhundert errichtet und seit dem nur selten verändert. Der häufigste Eingriff besteht in wiederkehrenden Pflegemaßnahmen, die im Vergleich zu landwirtschaftlichen Flächen, selten statt finden (BAKKER 1997).

Mit der Errichtung von Verkehrswegen geht eine veränderte Erschließung der Landschaft einher. Nutzungsart und –intensität können wechseln. Diese Erschließungswirkungen sind außerordentlich komplex und daher im Rahmen der Eingriffsregelung, UVP und FFH-Verträglichkeitsprüfungen methodisch nicht erfassbar (RASSMUS u.a. 2003). Nutzungsex intensivierungen entlang von Bahnanlagen werden von mehreren Autoren als Einflussfaktor für trassennahe Lebensräume benannt (vgl. Kap. 2 und 4).

1.2.3 Bahnspezifische Veränderungen der abiotischen Standortbedingungen

Bahnspezifische Veränderungen des **Wasserhaushalts** treten bei Anlage und Betrieb von Bahnanlagen auf. Irrtümlich wird in Stellungnahmen von Fachbehörden häufig angenommen, dass das Niederschlagswasser im Schotterkörper versickert und zurückgehalten wird und diese Bereiche nicht als versiegelte Bereiche anzusehen sind. Wie unter 1.1 ausgeführt, leitet die unter dem Oberbau liegende Planumsschutzschicht die Niederschläge jedoch größtenteils ab. Diese werden über den Bahndamm oder in Mulden versickert, bzw. in Leitungen gefasst und in Vorfluter oder die Kanalisation abgeleitet. Bereits Niederschläge von 3mm führen zu einem Abfluss aus dem Bahnkörper (BUWAL 2002). Auf Grund der meist geringen Schadstoffbelastung des Abflusses auf Bahnstrecken (gilt nicht auf Sonderanlagen wie Güterbahnhöfen etc.), ist die Versickerung eine häufig gewählte Variante der Entwässerung. Um Aussagen zur Veränderung des Wasserhaushaltes im Umfeld der Bahnanlage durch Neu- oder Ausbau zu treffen, ist daher die Kenntnis der geplanten Entwässerungssysteme erforderlich.

In Ballungsräumen übernehmen Bahnanlagen häufig Funktionen als **klimatische** Austauschbahnen, da sie gerade in Großstädten breite Schneisen ohne Querbauwerke bilden und die Schadstoffentwicklung hier im Vergleich zu Straßen gering ist. Durch Ausbaumaßnahmen wie Straßenüberführungen können neue Querriegel entstehen, die solche klimatischen Funktionen gefährden. Dagegen ist eine Funktion von größeren Bahnbetriebsanlagen (alte Güterbahnhöfe etc.) als klimatischer Ausgleichsraum nur in Ausnahmefällen denkbar, da Substrat, Struktur und Substratfarbe hier extrem warme und trockene Klimabedingungen hervorrufen, die eine Eignung als Kaltluftentstehungsgebiet ausschließen. Auch Bahnstrecken stellen Wärmeinseln in der Landschaft dar.

Ganz offensichtlich wirken Bahnanlagen klimatisch auf ihr Umfeld ein, die Umgebungstemperatur ist erhöht und die Luftfeuchtigkeit signifikant niedriger. Zur Reichweite dieser Auswirkungen sind keine Aussagen möglich.

Bahnschotter weist in der Regel eine dunkle Farbe auf, so dass sich die Oberfläche an Sommertagen durchaus auf 70 °C und die Luft in 50 cm Höhe auf 50 °C erhitzen kann. Selbst 2cm unter der Oberfläche kann die Temperatur noch 30°C betragen (AICHELE 1972). Stellt man die Wasserarmut und infolgedessen die geringe Evaporation des Oberbaus in Rechnung, wird deutlich, dass diese Bahnanlagen, soweit sie vegetationsfrei und frei von Feinerdeakkumulation sind, als Kaltluftentstehungsgebiete ausscheiden. Sie stellen im Gegenteil „schmale, künstliche Steinwüsten“ dar (REPP 1958).

COWLES (1972) stellt in den bahnbegleitenden Bereichen 1-3 C° höhere Temperaturen fest als auf Referenzflächen, die Luftfeuchtigkeit war hier 1-3% niedriger, was mit der Abstrahlung des Bahnkörpers, der Windentwicklung durch den Zugverkehr und der höheren Einstrahlung begründet wird. Leider enthält die Quelle keine Angaben zur Entfernung der Messpunkte von der Strecke. GUTSCHE (in LEX & WITTICH 2002) stellte in 5-10m Abstand zum Gleis Temperaturerhöhungen von bis zu 10% und Luftfeuchteunterschiede von bis zu 17% fest. Für Straßen wurde festgestellt, dass die Auswirkungen dieser Erwärmung noch in 30m Entfernung feststellbar sind (RASSMUS u.a. 2003). Auf Grund der oben zitierten Untersuchungen können vergleichbare Auswirkungsreichweiten für Bahnanlagen angenommen werden.

1.2.4 Bahnspezifische Barriere-/ Fallenwirkung und Individuenverlust – bau-/ anlage- und betriebsbedingte Einflussgrößen

Für folgende Anlagenbestandteile kann für einzelne Arten eine Barrierewirkung vermutet werden bzw. ist diese von verschiedenen Seiten postuliert worden: Damm/ Einschnitt, Schotterkörper, Schiene, Kabeltröge (offen), Lärm-, Sicht-, Windschutzwände, Einzäunungen. Die Vermutungen haben sich in Bezug auf einzelne Tierarten nicht immer bestätigt.

Bahnanlagen sind in der Regel nicht eingezäunt. Es besteht hierzu auch keine rechtliche Verpflichtung, da das Betretungsverbot für Bahnanlagen durch die Rechtsprechung als allgemein bekannt vorausgesetzt wird. Im Gegensatz zu anderen europäischen Ländern sind auch Hochgeschwindigkeitsstrecken nicht in allen Teilabschnitten eingezäunt. Bei der Übertragung von Studien aus anderen europäischen Ländern zu Barriereeffekten von Bahnanlagen ist daher immer zu überprüfen, ob die technischen Parameter tatsächlich mit den Verhältnissen in Deutschland vergleichbar sind. Lärmschutzwände werden vorwiegend im besiedelten Bereich errichtet. Zur Barrierewirkung von Dämmen, Einschnitten sowie diversen Wänden können die Erkenntnisse aus dem Straßenbau herangezogen werden. Gleichzeitig können Bahnanlagen auch als Verbindungselemente dienen. Hierfür ist die Durchgängigkeit entscheidend, die durch Tunnel, Brücken o.ä. unterbrochen wird.

Der Individuenverlust wird insbesondere durch Kollisionen hervorgerufen. Die Parameter, welche die Kollisionsrate beeinflussen differieren deutlich je nach Art bzw. Artengruppe. In Frage kommen Geschwindigkeit, Frequenz, Umfeld der Strecke, Attraktivität der Strecke als Teillebensraum, Sichtbeziehungen, Elektrifizierung (Fluchtweg in die Oberleitungen, Loks weisen mit den Stromabnehmern eine zusätzliche Kollisionsoberfläche auf), Zahl der Signalelemente, Art des Oberbaus (Schotterkörper oder „Feste Fahrbahn“). Verwirbelung und Sog können zusätzliche steuernde Faktoren darstellen. Die Intensität des Soges korreliert nicht zwangsläufig mit der Geschwindigkeit, da z.B. aerodynamisch gestaltete ICE nur im Nahbereich einen verstärkten Sog bewirken.

Der entscheidende Parameter für Drahtanflug an Oberleitungen und Individuenverlust durch Stromschlag ist natürlich die Elektrifizierung der Strecke. Daneben wird die Mortalitätsrate auch durch die technische Ausgestaltung der Oberleitungen beeinflusst. Die bahnhinterne Richtlinie DS 997-9114 – „Vogelschutz an Oberleitungen“ identifiziert besonders gefahrenträchtige Anlagenbestandteile und konzipiert Vermeidungsmaßnahmen.

Im Zuge von Baumaßnahmen offen gelegte Kabeltröge, offene Kabelgräben oder Baugruben können zur Falle für Kleintiere werden.

Der Individuenverlust durch absichtliches Töten von Tieren (relevant z.B. bei Schlangen) dürfte auf Bahnanlagen durch die geringe Betretungsfrequenz gemindert sein.

1.2.5 Bahnspezifische nichtstoffliche Wirkfaktoren

Unter nichtstofflichen Wirkfaktoren werden Lärm, Erschütterungen, Licht, Optische Reize, und die Anwesenheit von Menschen zusammengefasst.

Die **Lärmbelastung** durch Schienenwege kann erheblich sein. Im Unterschied zum Straßenverkehr erfolgt der Lärm diskontinuierlich, nur im Zufahrtbereich großer Bahnhöfe kann von einem kontinuierlichen Lärmband gesprochen werden. Der Lärm wird durch Antriebsmotoren, Radgeräusche, Bremsgeräusche und bei Hochgeschwindigkeitszügen auch durch aerodynamischen Lärm hervorgerufen werden. Da zur Lärmbelastung der Bevölkerung ein detailliertes gesetzliches Regelwerk gilt, existieren ausgefeilte Prognosemethoden. Die hier gewonnenen Werte können auch als Ausgangspunkt für die Wirkungsprognose zur Fauna herangezogen werden. Ähnliches gilt für **Erschütterungen**.

Lichtemissionen sind auf Bahnanlagen nur in Hinblick auf Bahnhöfe, Ausbesserungswerke etc. relevant. Die freie Strecke ist nicht beleuchtet. Die Scheinwerfer der Fahrzeuge und die Fenster der Passagierzüge sind Lichtquellen, die diskontinuierlich auftreten. Die Lichtemissionen aus den Fenstern von Passagierzügen sind durch den nachts stark reduzierten Personenverkehr und die teilweise abgedunkelten Scheiben vermindert.

Optische Reize werden vor allem durch die Züge selbst ausgelöst. Als weitere Störquellen kommen z.B. Schrankenanlagen in Frage.

Die **Anwesenheit von Menschen** als Störfaktor für Tiere ist an Bahnstrecken auf Grund des Betretungsverbotes nicht als relevanter Wirkfaktor anzusehen. In Bahnhofsnähe können ständige Störungen auftreten.

1.2.6 Bahnspezifische stoffliche Wirkfaktoren

Die vom Eisenbahnverkehr ausgehenden Emissionen unterscheiden sich nach Art, Menge und Reichweite ganz erheblich von denen des Straßenverkehrs. Unkritische Übertragungen von Wirkungsprognosen von einem Verkehrsträger auf den anderen, etwa hinsichtlich der Gefährdung angrenzender Lebensgemeinschaften, sind daher gerade in Hinblick auf stoffliche Emissionen offensichtlich unseriös. Die Wirkungsprognose in UVS, LBP oder FFH-VS wird zusätzlich dadurch erschwert, dass sich das Emissionsprofil von Eisenbahn-Betriebsanlagen nach technischen Parametern (z.B. elektrifizierte oder nicht elektrifizierte Strecken) stark unterscheidet und einem anhaltenden Wandel unterworfen ist. Weiterhin bildet auch das beabsichtigte Betriebsprogramm in Bezug auf die voraussichtliche Verkehrsdichte und die eingesetzte Fahrzeugflotte einen bedeutenden Einflussfaktor. Die Emissionsprognose auf Grundlage des Betriebsprogramms ist mit Unsicherheiten behaftet, da es nicht planfestgestellt wird und die Umweltstandards der Deutschen Bahn nicht unbedingt von allen zukünftigen, im Zuge der Liberalisierung des Netzzugangs zu erwartenden Trassennutzern eingehalten werden. Verglichen mit den Prognosen zum Straßenverkehr können die Bezugsdaten jedoch als gut abgesichert gelten.

Die entlang von Strecken festgestellten Schadstoffe geben das Emissionsprofil von mehr als hundert Jahren Betriebstätigkeit wieder und sind daher als Grundlage zur Wirkungsprognose für neue Vorhaben ungeeignet. Für das aktuelle Emissionsprofil und die Emissionspfade fehlen derzeit wesentliche Grundlagenuntersuchungen, alle quantitativen Angaben stehen daher unter dem Vorbehalt einer dünnen Datenbasis bzw. geben Einzeluntersuchungen wieder. Bis zum Vorliegen systematischer, belastbarer Daten erscheint ihre Verwendung jedoch gerechtfertigt. In Hinblick auf die der Folgeabschätzung in UVS, LBP und FFH-VS zur Planfeststellung kann es daher nur darum gehen, die zu erwartenden Emissionen nach Art und Größenordnung abschätzen zu können. Folgende Emissionen sind in Abhängigkeit der anlage- oder betriebsbedingten Einflussgrößen anzunehmen:

Anlagebedingte Emissionsquellen: Dammschüttung

Das abfließende Niederschlagswasser aus dem Bahndamm kann, insbesondere in den ersten Jahren nach der Dammschüttung auch Rückstände aus den verwendeten Baumaterialien auswaschen (BUWAL 2002). Die Werte umweltschädlicher Stoffe sind jedoch regelmäßig gering. Zur Verdichtung der Bahndämme wird in gängigen Bauverfahren Kalk zugesetzt, der ausgewaschen wird. An Austrittsstellen am Damm werden z.T. toxische pH-Werte erreicht. Es ist denkbar, dass Kalkausträge für bestimmten Vegetationsformen problematisch sein können (s.u.). Auch der Einbau von Elektroofenschlacke hat einen hohen pH-Wert der aus dem Dammkörper abfließenden Sickerwässer zur Folge. In den Anfangsjahren sind bei diesem Baumaterial zudem erhöhte Blei- und Zinkbelastungen zu erwarten, die jedoch nach wenigen Jahren unter die Nachweisgrenze sinken. Ob tatsächliche ein mengenmäßig relevanter Austrag in angrenzende Lebensräume statt findet, ist unklar.

Anlagebedingte Emissionsquellen: Schotter

Schotter besteht regelmäßig aus Granit, seltener aus basischen Gesteinen. Eine Beeinflussung des pH-Wertes der Umgebung ist unwahrscheinlich, da eine Änderung der Vegetationszusammensetzung selbst im Schotterbett nur bei stark zertrümmertem Schotter feststellbar ist. Dieser entsteht bei ordnungsgemäßer Wartung einer Strecke nicht.

Emissionsquelle Schienen- und Leitungsabrieb

Eine Emissionsquelle für Metall stellt der **Schienenabrieb** dar. ODZUCK (1978) stellt fest, dass die Schiene neben *Eisen* in sehr geringen Mengen andere Stoffe enthält: C 0,6-0,8%; Si 0,5%, Mn 0,8-1,3%, P 0,05%, S 0,05%. Der Autor nimmt dieselbe Zusammensetzung für den Abrieb an. Durch Fangpflanzentests konnten in 7m Entfernung vom Gleis diese Stoffe nicht mehr festgestellt werden.

Eine weitere bahnspezifische Emissionsquelle stellt der **Leitungsabrieb** dar. Fahrleitungen und Stromabnehmer bestehen überwiegend aus Kupfer. Die Fahrleitungen wurden früher cadmiert (BUWAL 1992). In den Stromabnehmern wurde vorübergehend Beryllium verwendet. Nach TÜV (1994) ist mit einem Abrieb von 0,15g Kupfer/ km/ Zug zu rechnen, das zu 40% auf dem Bahnkörper verbleibt und zu 60% auf einem bis zu 10m breiten Streifen entlang der Strecke ausgetragen wird.

Emissionsquelle Korrosionsschutz der Anlagen

Korrosionsschutzmaßnahmen können eine weitere Emissionsquelle darstellen. Derartige Maßnahmen können für alle Metallteile der Anlage, wie Masten, Leitungen und Stahlkonstruktionen nötig sein. Als technischer Standard sind alle Masten und Joche feuerverzinkt. Schutzanstriche erfolgen mit schwermetallfreien Farben sowie mit Zinkstaubbeschichtungen und Eisenglimmerbeschichtungen. Einige vor 1950 in der Schweiz errichtete Stahlkonstruktionen weisen eine Grundbeschichtung auf Bleimennigebasis auf und können aus technischen Gründen bis heute nur mit Bleimennige oder Bleisilicochromat nachgestrichen werden (BUWAL 1992). Für Deutschland liegen keine vergleichbaren Angaben vor. Entlang der Schie-

nenstrecken konnten keine signifikante Erhöhungen der Zink- oder Bleikonzentration festgestellt werden (s.u.).

Emissionsquelle Schwellenimprägnierung

Holzschwellen werden zur längeren Haltbarkeit imprägniert. Hierzu werden seit Jahrzehnten in ganz Europa Mittel verwendet, die Teeröle, Phenole und PAK enthalten, die u.a. ätzend wirken. Für Neu- und Ausbauten ist diese Problematik von geringer Relevanz, da fast ausschließlich Betonschwellen eingebaut werden und für die zu entsorgenden Altschwellen regelmäßig Entsorgungsnachweise gefordert werden.

Nach SCHÄFER 2000 werden während der Verwendungsdauer von 20-30 Jahren aus einer Schwelle 15 kg Teeröl und 0,5 kg PAK in das Umfeld, teilweise gasförmig eingetragen. Bezogen auf das Gesamtnetz würde dies eine erhebliche Umweltbelastung bedeuten. Allerdings werden Buchenschwellen nur mit insgesamt 18 kg Teeröl, Eichenschwellen nur mit 5kg Teeröl imprägniert. Von dieser Menge verbleiben 2/3 in der Schwelle, so dass vermutlich eher mit Emissionswerten von 2-6 kg pro Schwelle zu rechnen ist.

Emissionsquelle Weichenschmiermittel

Als **Weichenschmiermittel** werden biologisch schnell abbaubare Weichenschmierfette verwendet. Der Verbrauch kann mit 3 kg pro Weiche pro Jahr angesetzt werden. Die Schmierung entfällt bei Weichen, deren Zungen sich auf wartungsfreien Rollen bewegen. Da diese Mittel nur punktuell eingesetzt werden, dürften relevante Emissionen nur dort auftreten, wo zahlreiche Weichen vorhanden sind, also bspw. auf Rangierbahnhöfen, Eisenbahnkreuzen etc.. Für die freie Strecke hat dieser Emissionstyp regelmäßig eine geringe Relevanz.

Die in der Schweiz verwendeten Weichenschmiermittel enthalten folgende Zusatzstoffe (BUWAL 1992):

Metall	Aluminium	Kupfer	Zink	Blei	Calcium	Phosphor
g/ 100g	8,4	0,6	0,4	0,3	0,2	0,2

Tabelle 1: Zusatzstoffe von Weichenschmiermitteln in der Schweiz (nach BUWAL 1992)

Pro Weiche und Jahr wurden in der Schweiz je nach Beanspruchung zwischen 1 und 4 kg verbraucht (BUWAL 1992). Für den Bereich der Deutschen Bahn ist mit 3 kg pro Weiche pro Jahr auszugehen. Zur Emissionsmenge und -reichweite liegen keine Angaben vor.

Emissionsquelle Herbizide

Der Schotterkörper stellt ein Federungssystem zur gleichmäßigen Kraftableitung für den Eisenbahnverkehr dar; Schotter und Schienen bilden gemeinsam ein schwingungsfähiges System. Pflanzenwuchs im Oberbau führt zur Ansammlung von Feinerde und erhöht die Speicherkapazität für Wasser, was zu Frostbrüchen führen kann. Auch beeinflusst die Feinerdeansammlung die Federungseigenschaften des Schotterkörpers negativ. Auf den Schienen liegende Pflanzen verlängern den Bremsweg. Die Vegetationsbeseitigung ist demnach ein zwingendes Erfordernis zur Aufrechterhaltung einer funktionsfähigen Betriebsanlage.

Infolge der technischen Notwendigkeiten werden seit Jahrzehnten verschiedene Mittel mit dem Ziel der Vegetationsbekämpfung eingesetzt. EGGERS & ZWERTGER (2002) listen fast 40 Wirkstoffe auf, die seit Kriegsende zum Einsatz kamen, darunter z.B. auch Salze (REPP 1958). Das Pflanzenschutzgesetz von 1986 führte zu einem deutlichen Rückgang der verwendeten Mittel.

Die eingesetzten Pflanzenschutzmittel bedürfen derzeit der Zulassung zur Anwendung auf dem Gleis durch das Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (bis dato wurde die Zulassung durch die Biologische Bundesanstalt erteilt). Diese vergibt die Zulassung auf der Grundlage einer durch die Bundesanstalt für Risikobewertung erarbeiteten Risikoabschätzung. Die Zulassung wird in Einvernehmen mit dem Umweltbundesamt erteilt. Das Umweltbundesamt erteilt sein Einvernehmen unter Abwägung von Gesichtspunkten der Verkehrssicherheit für das Präparat, das die geringsten schädlichen Umweltauswirkungen aufweisen wird. Die Mittel werden auf ihre chemischen und physi-

kalischen Eigenschaften, die geeignete Analytik zu den Mitteln, ihre Phytotoxizität, ihrer Toxizität für Mensch und Tier, ihr Rückstandsverhalten sowie den Verbleib in und auf Pflanzen, Verbleib und Verhalten in Boden, Wasser und Luft und die Auswirkungen auf den Naturhaushalt geprüft. Bei den Auswirkungen auf den Naturhaushalt werden namentlich die Auswirkungen auf aquatische Biozöosen, terrestrische Wirbeltiere und Honigbienen geprüft (LAERMANN 1995).

Die Pflanzenschutzmittel werden durch Spritzzüge ausgebracht, die mit langsamer Geschwindigkeit die zu behandelnde Strecke abfahren und die Mittel zielgerichtet sowie dem örtlichen Bewuchs entsprechend ausbringen. Bei der Anwendung werden die Anwendungszeitpunkte, die behandelten Gleisstrecken, die eingesetzten Präparate und Aufwandmengen dokumentiert. Zugelassene Wirkstoffe zeichnen sich durch eine rasche Zersetzung im Boden aus. Regelmäßige Auflage ist die Unterlassung der Ausbringung bei Regen und Wind. Trotz aller Vorsichtsmaßnahmen wird der Austrag von Wirkstoffen über die Entwässerungsgräben in die Vorfluter nie gänzlich zu verhindern sein (WINKLER in LAERMANN 1995). Dies kann vor allem durch die Auswaschung in die Entwässerungseinrichtungen bei Starkregen in Anschluss an die Behandlung erfolgen (TÜV 1994). Die Applikation und deren Überwachung sollten jedoch sicherstellen, dass Austräge in angrenzende Lebensräume in Menge und Reichweite hinter den Emissionen aus landwirtschaftlichen Flächen zurückbleiben.

Derzeit werden die folgenden Wirkstoffe ausgebracht:

- *Glyphosat*
- *Glyphosat-Trimesium*
- *Flumioxarcin (Nozomi)*

Die Zulassung für den Wirkstoff Dimefuron ist Ende 2003 endgültig ausgelaufen. Eine erneute Genehmigung ist nicht zu erwarten.

Da in der Regel zu jedem eingesetzten Mittel bestimmte Pflanzenarten oder -gattungen Resistenzen entwickeln, ist damit zu rechnen, dass auch in Zukunft eine regelmäßige Ergänzung der eingesetzten Mittel erwartet werden kann. Eine wirksame Vegetationsbekämpfung erfordert den Einsatz von Blatt-herbiziden, die über die oberirdischen Teile der Pflanze wirken sowie von Bodenherbiziden, die über die Wurzel wirksam werden (LAERMANN 1995). Die sorgfältige Risikoabschätzung und die Abstufung des Zulassungsverfahrens stellen nach Auffassung des Eisenbahn-Bundesamtes sicher, dass auch in Zukunft Mittel zum Einsatz kommen, deren ökologisches Risiko als gering angesehen werden kann. Nähere Angaben zu neu zugelassenen Mitteln können der öffentlich zugänglichen Datenbank des Bundesamtes für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit entnommen werden.

Die Vegetationsbekämpfung durch Heißdampf, Infrarotbestrahlung, Abflämmen, mechanisch-manuelle Schotterreinigung und manuelle Pflanzenentfernung wurden als alternative Methode erprobt. Eine ausreichende Wirksamkeit wird nach neuen Erkenntnissen der Heißdampfbehandlung, der Schotterreinigung und dem manuellen Jäten zugeschrieben (STOLPER 2003). Allerdings sind diese Methoden mit erheblich höheren Kosten, einer sehr geringen Arbeitsgeschwindigkeit und damit Problemen der betrieblichen Organisation verbunden, so dass ein flächendeckender Einsatz nicht möglich ist (STOLPER 2003, HOHLA U.A. 1998). Die Schotterreinigung ist zudem mit massiven Lärmemissionen verbunden. Die Verträglichkeit dieser Methoden in Hinblick auf die Gleisfauna muss für die meisten Artengruppen als derzeit ungeklärt gelten (siehe Kap. 5.6).

Emissionsquelle Verbrennungsmotoren (ohne Partikel)

Als Schadstoffe aus der Verbrennung in Dieselmotoren sind NO_x, CO, CO₂ und Kohlenwasserstoffe (HC) anzusprechen (Partikel siehe unten). Bei hoher Verkehrsdichte und einer Nutzung von altem Zugmaterial kann die Schadstoffbelastung im Umfeld von Bahnanlagen ausnahmsweise die Belastungssituation an Bundesstraßen erreichen. In Hinblick auf die Schädigung von Tieren und Pflanzen dürften die Verbrennungsemissionen aus dem Schienenverkehr nur in Ausnahmefällen relevante Größenordnungen erreichen, für elektrifizierte Strecken ist dies gänzlich auszuschließen. Die Prognose der Schadstoffbelastung ist vor allem für die Auswirkungsprognosen zum Schutzgut Mensch von Bedeutung.

Zur Abschätzung der Emissionen aus dem Zugverkehr sind als Grundlage die Emissionsdaten des eingesetzten Zugmaterials (Motortyp, eingehalten Grenzwerte, Messreihen zum Motortyp) sowie die im Betriebsprogramm vorgesehene Zugfrequenz und Geschwindigkeit auf der Strecke heranzuziehen.

Messreihen zu verschiedenen Motortypen wurden durch das Umweltbundesamt (PITTERMANN 2002) durchgeführt. Durchschnittswerte werden auch von der Europäischen Umweltagentur (RICHARDSON 1999) bereitgestellt.

Tabelle 2: Grenz- oder Orientierungswerte für Verbrennungsemissionen aus der Dieseltraktion im Schienenverkehr

Regelwerk	Motorleistung	CO (g/ kWh)	NOx (g/ kWh)	Kohlenwasserstoffe (HC) (g/kWh)
„EURO II“ (Grenzwerte nach RL 97/68/EG ab 2000; nicht gültig für Schienenfahrzeuge aber auf freiwilliger Basis durch die Deutsche Bahn eingeführt; derzeit gültig für Hilfsmotoren und die Dieselmotoren von Baumaschinen, Mess- und Instandhaltungsfahrzeugen)	< 560 kW	3,5	6,0	1,0
	> 560 kW	keine Werte	keine Werte	keine Werte
ERRI (ab 1997 empfohlene Werte)	keine Angaben	3	12	0,8
UIC – Merkblatt 624 V Grenzwerte ab 2003 (ist als Regel der Technik zu betrachten)	< 560 kW	2,5	6	0,6
	> 560 kWh	3	9,5/ 9,9	0,8
Empfehlungen des UBA ab 2004 für Neuzulassungen	< 560 kW	2	5	0,55
	> 560 kWh	2	6	0,55

Über die Hälfte des Streckennetzes der Eisenbahnen des Bundes in Deutschland ist elektrifiziert, auf diesen Strecken wird 90% der Verkehrsleistung der Deutschen Bahn erbracht. Auf elektrifizierten Strecken wird nur ein geringer Teil des Verkehrs mit Dieselfahrzeugen abgewickelt (ca. 4%), so dass Emissionen aus Verbrennungsmotoren hier nur eine geringe Rolle spielen. Die Grenzwerte für Emissionen aus Verbrennungsmotoren der Richtlinie 97/68/EG ist derzeit für Schienenfahrzeuge nicht gültig, eine Ausweitung des Anwendungsbereiches in diese Richtung ist jedoch beabsichtigt. Die Grenzwerte der Richtlinie erhöhen sich in bestimmten festgelegten Intervallen und gelten bei der jeweiligen Zulassung des Fahrzeuges. Ein Verbrennungsmotor muss also die Grenzwerte einhalten, die zum Zeitpunkt seiner Zulassung gelten. Dies wirft auf Grund der langen Lebensdauer von Triebfahrzeugen (ca. 30 Jahre) Probleme auf. Die Deutsche Bahn führt jedoch auf freiwilliger Basis die systematische Umrüstung der Triebfahrzeuge mit Motoren durch, die den neuen Anforderungen der RL 97/68/EG entsprechen.

Die Literatur zu den Emissionsmengen pro Personenkilometer ist recht umfangreich. Für streckenbezogene UVS/ LBP/ FFH-VS ist jedoch nicht der Primärenergieverbrauch pro Personenkilometer sondern die tatsächlich an der Strecke erfolgende Emission relevant. Für die Prognose bei Neu- und Ausbaustrecken lässt sich dafür das Betriebsprogramm heranziehen. Häufig sind hier bereits Angaben zum Zugmaterial enthalten, das auf der neuen oder ausgebauten Strecke eingesetzt werden soll. Aus den Zulassungsdaten zur Kilowattleistung und den zum Zeitpunkt der Zulassung geltenden Grenzwerte lässt sich die Belastung des Umfeldes durch Verbrennungsemissionen näherungsweise abschätzen. Zu beachten ist, dass die eingesetzte Kilowatt-Leistung auf der freien Strecke nur in Ausnahmefällen der maximalen Kilowattleistung eines Fahrzeuges entspricht, die vor allem beim Anfahren und an Steigungsstrecken eingesetzt wird.

Das LfU (2003) stellte fest, dass die NOx und Partikelemissionen auf vielbefahrenen, nicht elektrifizierten Strecken in Einzelfällen ähnliche Werte wie auf Bundesstraßen erreichen können. In der vergleichenden Untersuchung reichten die Werte für NO x auf den untersuchten Bahnstrecken von 370-3112 kg/ km /a, für Partikel von 44 –127 kg/ km/ a. Die Untersuchung schließt mit der Empfehlung an die Bahn, schärfere Emissionsgrenzwerte einzuhalten, um den ökologischen Vorsprung der Bahn zu wahren.

ren. Durch die in Durchführung begriffene Umrüstung der Triebfahrzeuge wird diese Forderung derzeit erfüllt. In der Regel dürften die Emissionswerte auf den meisten Strecken allein auf Grund der geringen Zugfrequenz deutlich niedriger liegen als an Straßen.

Emissionsquelle Betriebsmittel

Betrieb und Instandhaltung der Fahrzeuge erfordern neben den Kraftstoffen den Einsatz von ca. 50 verschiedenen Schmierölen, Hydraulikflüssigkeiten, Fetten, Korrosions- und Frostschutzmitteln. Verwendet werden Mineralölraffinate sowie Calcium- und Lithiumseifen auf Mineralölbasis. Emissionen durch abtropfendes Achsöl treten seit der Umstellung auf fettgeschmierte Wälzlager nicht mehr auf (TÜV 1994). Ansonsten sind Tropfverluste durch die genannten Mittel zu erwarten. Als Bewertungsverfahren zur Bestimmung der Umweltgefährdung durch Tropfverluste bieten sich die in der bahninternen Richtlinie 800.0201 enthaltenen Verfahren an. Die Tropfverluste reichen bis 100g/d, die meisten Triebwagentypen weisen, auch auf Grund technischer Vorkehrungen Tropfverluste unter 20 g/d auf. Zur Ermittlung der Tropfverluste von nicht zur DB gehörigen Fahrzeugen sind gesonderte Versuche erforderlich. Die genannten Mengen machen deutlich, dass diese Emissionen nur dort relevante Mengen erreichen, wo Züge über längere Zeit und regelmäßig abgestellt werden, also z.B. auf Lokabstellplätzen. Für die freie Strecke ist dieser Emissionstyp dagegen nicht relevant. Nach Auskunft der Bahn haben dies auch zahlreiche Beprobungen ergeben. Die fetthaltigen Betriebsmittel neigen nach Abtropfen zudem zur Verharzung, was den Austrag in angrenzende Bereiche verringert.

Emissionsquelle Bremsabrieb

Eine weitere Emissionsquelle, die zum Austrag von Metallen führt, ist der **Bremsabrieb**. Es existieren verschiedene Bremsentypen: Graugussklotzbremsen bestehen aus Fe₃C und FeO. Kunststoffklotzbremsen enthalten bis zu 44 % Fe, bis zu 4% Pb und bis zu 11% Zn. Kunststoffbremsklötze rauhen die Räder weniger auf als Graugussklotzbremsen und führen so zu einer erheblichen Schallreduktion (DEUTSCHE BAHN Internet). Aktuelle Angaben zur Menge der insgesamt abgeriebenen Menge der Bremsbeläge liegen nicht vor. Infolge des verstärkten Einsatzes von Scheibenbremsen bei Reisezug- und Triebwagen wird ein geräuscharmer Bremsvorgang und eine wesentlich geringere Verschmutzung der Fahrzeuge, Bahnanlagen und der Nachbarschaft infolge des geringern Bremsabriebs erzielt. Asbest wird als Inhaltsstoff von Bremsen in Deutschland nicht verwendet.

Tabelle 3: Inhalte von Kunststoffbremsen bei der Schweizer Bundesbahn (nach BUWAL 1992)

	Asbest	Blei	Zinn	Antimon	Eisen	Zink	Styrenbutadien/ Phenolformaldehyd/ Acrylonitril-Butadien
Mittelwert der Gewichtsprozent:	21%	0,3%	0,27%	1,4%	20%	3%	29%

In einigen Produkten wird Asbest durch Stahlwolle, Eisenspäne, Messingspäne, Mineralfasern, Zellulose oder Aramidfasern ersetzt (BUWAL 1992). In Deutschland werden bereits seit über zehn Jahren keine asbesthaltigen Produkte mehr verwendet. Bei der behördlichen Abnahme von Schienenfahrzeugen ist die Asbestfreiheit sogar ein wesentliches Prüfkriterium.

Emissionsquelle Fäkalien

Dieser Emissionstyp ist u.a. von Interesse, da durch Fäkalien die umliegenden Bereiche eutrophiert werden könnten, wodurch sich die Zusammensetzung empfindlicher Pflanzengesellschaften ändern kann. Die durch die Toilettensysteme ausgetragenen Waschwasser enthalten Tenside, die den Austrag von Kohlenwasserstoffen aus dem Gleisbereich fördern. Neue Personenzüge und Triebwagen werden nur zugelassen, wenn sie mit einem geschlossenen Toilettensystem ausgestattet sind, so dass sich der Gesamtaustrag an Fäkalien fortlaufend verringern wird und nach einer Übergangsphase mittelfristig völlig unterbleiben wird.

Derzeit sind nahezu alle Fernverkehrszüge und über 70% der im Regionalverkehr eingesetzten Züge mit gekammerten Toilettensystemen ausgestattet. Bei Strecken, die überwiegend oder ausschließlich von neuerem Zugmaterial befahren werden, z.B. manche ICE-Strecken, kann daher von einem fehlenden oder sehr geringen Eintrag ausgegangen werden. In der Wirkungsprognose ist allenfalls während einer Übergangsfrist von wenigen Jahren eine Belastung aus dieser Emissionsquelle anzunehmen. Abwässer (Grauwässer) aus Reisezugwagen (z.B. aus Handwaschbecken), werden nicht in Behältern gesammelt. Sie werden während der Zugfahrten als Aerosol frei oder fließen bei Stillstand der Züge punktuell in den Oberbau.

Emissionsquelle Müll

Aus Personenzügen kann Müll in die Umgebung gelangen.

Tabelle 4: Müllmengen an Schienenwegen nach ODZUCK (1978)

Abstand vom Gleis	3,5m	7m	12m	25m
Müll gesamt (g/m ² /Jahr)	48g	30g	3g	---
Glas (g/m ² /Jahr)	17g	-	-	-
Eisen (g/m ² /Jahr)	6g	8g	-	-
Textilien (g/m ² /Jahr)	-	1	-	-
Papier (g/m ² /Jahr)	7	13	2	-
Kunststoffe (g/m ² /Jahr)	10	7	1	-
Organische Abfälle (g/m ² /Jahr)	8	1	-	-

Die Ausbreitungsdaten geben die Gegebenheiten im ebenen Gelände wieder, wurden aber mit geringen Abweichungen auch für eine Dammlage festgestellt. Die Glas- und Metallbestandteile akkumulieren sich in den entsprechenden Zonen, während die übrigen Bestandteile sich zersetzen, dann aber auch einen erheblichen Einfluss auf die Vegetation ausüben. Diese von ODZUCK 1978 festgestellten Mengen dürften nicht mehr auftreten, da viele Züge zwischenzeitlich Fenster aufweisen, die sich nicht, oder nicht mehr sehr weit öffnen lassen (TÜV 1994). So wäre z.B. bei nur vom ICE befahrenen Strecken mit einer wesentlich geringeren Müllmenge bzw. dem Ausfall dieses Emissionstyps zu rechnen. Zu beachten ist außerdem, dass sich diese für den Personenverkehr erhobenen Daten nicht für die Übertragung auf Strecken eignen, die vor allem dem Güterverkehr dienen. Die Daten wurden an einer Strecke im Offenland gewonnen. Es ist zu vermuten, dass die Müllmenge in städtischen Bereichen durch den höheren Anteil vom Nahverkehrszügen gegenüber Fernverkehrszügen und dem Güterverkehr höher liegt.

Emissionsquelle Ladegut

Durch den Verlust von Ladegut kann es zur Beeinflussung der Lebensgemeinschaften auf der Betriebsanlage sowie deren Umfeld kommen. Dieses Ladegut kann aus Dünger, Kohle, landwirtschaftlichen Produkten o.ä. bestehen (HOHLA u.a. 1998). PARTZSCH & KÄSTNER (1995) weisen auf den in der Vegetation ablesbaren hohen Salzgehalt auf einer ostdeutschen Bahnstrecke hin, über die jahrelang Kalisalze transportiert wurden. PILGRIM & HUGHES (1994) konnten entlang einer Bahnlinie in Kanada, die eine Bleischmelze belieferte, erhöhte Werte an Blei, Zink, Cadmium und Arsen feststellen, die verstreuten Ladegutresten zugerechnet werden müssen, da andere Quellen für diese Belastungen ausscheiden. Relevant sind auch Ladungsverluste, die als Nahrungsgrundlage diverse Tiere in den Gleisbereich locken (vgl. Säugetiere). Hier ist vor allem Getreide oder Raps anzusprechen. Verbesserungen in der Wagenausstattung haben dieses Problem zwischenzeitlich deutlich reduziert: Während in der Vergangenheit für Strecken, auf denen Raps transportiert wurde, in erheblichem Umfang Mittel zur Rapsbekämpfung im Gleis aufgebracht werden mussten, werden solche Maßnahmen heute kaum noch notwendig. Verstreutes Ladegut, hier z.B. Verpackungsmaterial ist mit verantwortlich für die Verbreitung florenfremder Arten auf Bahngelände.

Emissionsquelle Gefahrgüter

Zahlreiche umweltgefährdende Stoffe werden auch auf der Schiene transportiert und können durch Unfälle in die Umgebung gelangen. Drainagen können bei herkömmlicher Bauweise nicht völlig dicht errichtet werden, so dass ein Eintrag von Schadstoffen in das Grundwasser bei Unfällen durch die Entwässerungssysteme nicht verhindert werden kann (BUWAL 2002). Die Gefahr von Unfällen ist im Schienenverkehr jedoch deutlich niedriger als im Straßenverkehr: Während auf der Schiene bei 1,3 Unfällen/ 1000t beförderter Chemikalien zu verzeichnen sind, kommt es auf der Straße zu 5 Unfällen/ 1000 t (VERBAND DER CHEMISCHEN INDUSTRIE in BICS – LANDESINSTITUT FÜR SCHULEN UND MEDIEN 1998). Die Europäische Kommission führt auch die unfallbedingte Umweltgefährdung als Gegenstand der UVP an. Die Prognose einer erhöhten Umweltgefährdung bei Aus- und Neubaumaßnahmen durch den unfallbedingten Schadstoffeintrag gestaltet sich jedoch schwierig. Dies kann allenfalls beim Neubau von Güterverkehrsstrecken oder dem Neuanschluss von Industriebetrieben angenommen werden, von denen aus Gefahrgüter transportiert werden sollen.

Staubförmige Emissionen aus verschiedenen Emissionsquellen (ohne Feinpartikel)

ODZUCK (1978) stellt fest, dass die vom Bahnverkehr ausgehenden Staubemissionen nur geringfügig die für Kurgebiete zugelassenen Werte von 2,5g /m² überschreiten. Die Werte liegen damit erheblich niedriger als im Straßenverkehr und wirken sich nicht auf das Pflanzenwachstum aus (siehe Kap. 2).

Feinpartikel aus verschiedenen Emissionsquellen

Elektrifizierte Strecken

Für die karzinogene Wirkung der Feinstäube sind nach derzeitigem Kenntnisstand Emissionen aus Dieselmotoren ausschlaggebend (BUWAL 2002b), so dass der Emissionstyp an elektrifizierten Strecken für die Schutzgüter Mensch sowie Tiere und Pflanzen von geringerer Relevanz sind. Das BUWAL (2002) stellte in einer Untersuchung zur Menge der emittierten **PM 10** fest, dass entlang von sehr stark befahrenen Schienenwegen geringfügige Erhöhungen von Feinstäuben feststellbar waren, die sich vor allem aus Eisenoxiden (Brems- und Schienenabrieb) und zu geringeren Anteilen aus anderen mineralischen Stäuben (Aufwirbelungen von Schotterbestandteilen) zusammensetzten. Organische Bestandteile spielten dagegen kaum eine Rolle.

Nicht elektrifizierte Strecken

„Schornsteinmessungen“ an Dieselmotoren, also Messungen unter Laborbedingungen zeigen teilweise erhebliche Emissionen. Die Reduzierung des Partikelaustrittes durch die Nachrüstung von Filtern lässt sich bei Fahrzeugen mit einer Leistung von über 560 kW aus technischen Gründen häufig nicht umsetzen. Die Emissionsprognose für ein konkretes Vorhaben lässt sich analog zu dem Vorgehen bei den übrigen Verbrennungsemissionen vornehmen.

Tabelle 5: Grenz- und Orientierungswerte für Partikelemissionen aus der Dieseltraktion im Schienenverkehr.

	Motorleistung	Partikel g/ kWh
„EURO II“ (Grenzwerte nach RL 97/68/EG ab 2000; nicht gültig für Schienenfahrzeuge aber auf freiwilliger Basis durch die Deutsche Bahn eingeführt)	< 560 kW	0,2
	> 560 kW	keine Angaben
ERRI (ab 1997 empfohlene Werte)	keine Angaben	1,6 - 2,5
UIC – Merkblatt 624 V Grenzwerte ab 2003 (ist als Regel der Technik zu betrachten)	< 560 kW	0,25
	> 560 kWh	0,25
Empfehlungen des UBA ab 2004 für Neuzulassungen	< 560 kW	0,02

> 560 kWh

0,02

Niederschlagswasser mit Stofffrachten aus verschiedenen Emissionsquellen

Das Speichervermögen des Unterbaus ist gering und nimmt mit im Laufe der Zeit weiter ab. Bereits Niederschläge von 3mm führen zu einem Abfluss (BUWAL 2002). Analysen der auf dem Bahnkörper anfallenden Niederschlagsabwässer weisen regelmäßig sehr niedrige Werte, auch hinsichtlich der beprobten Herbizide auf (DEUTSCHE BAHN AG, brfl.). Im Gegensatz dazu wird das auf Bahnanlagen anfallende Abwasser von einzelnen Umweltbehörden als stark belastet eingestuft (z.B. MURL 1998).

Schwermetallimmissionen aus verschiedenen Emissionsquellen in angrenzende Bereiche

Durch die Schweizerische Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL 1992) wurden Untersuchungen in Bezug auf Schwermetallemissionen sowie Schwermetallbelastungen im Boden und in Pflanzen entlang von Bahnstrecken durchgeführt. Einzig für Kupfer wurden im Boden systematische, aber geringfügige Richtwertüberschreitungen bis in Abstände von 7m zum äußersten Gleis gefunden.

Bis zum Abstand von 10m konnten noch vereinzelte Richtwertüberschreitungen für Kupfer festgestellt werden. Für Blei, Cadmium, Zink, Nickel und Molybdän konnten keine wesentlichen Erhöhungen gegenüber der Durchschnittsbelastung festgestellt werden. Die mit dem Eisenbahnverkehr in Verbindung zu bringenden erhöhten Konzentrationen blieben unter den Grenzwerten, In einer Entfernung von 10m waren keine Einflüsse der Eisenbahntrasse auf die Schwermetallkonzentration mehr erkennbar. Chrom, Vanadium und Kobalt zeigten keine signifikanten Beziehungen in Abhängigkeit zu den Bahnstrecken. Überraschenderweise konnte auch keine distanzabhängige Veränderung der Eisenkonzentration festgestellt werden, obwohl dieses Metall in einigen emittierenden Anlageteilen den Hauptbestandteil ausmacht. Die Proben im Umfeld von Fahrleitungsmasten zeigten keine signifikanten Konzentrationserhöhungen.

Entlang einer Linie in der Schweiz konnten gegenüber dem Umland erhöhte Werte für Blei, Cadmium und Zink festgestellt werden, die zwar weit unter den Grenzwerten lagen, jedoch eine signifikante Beziehung zur Bahnanlage erkennen ließ. Dies wird auf den früheren Betrieb mit Dampflokomotiven zurückgeführt. Auch Untersuchungen in Kanada haben bei mit Dampflokomotiven befahrenen Strecken erhöhte Werte dieser Metalle festgestellt (BUWAL 1992).

Eine Analyse des Mähgutes auf den Schwermetallgehalt wurde in Abständen von 0-1m, 3m und 5-7m für die Stoffe Blei, Cadmium, Zink, Nickel, Kupfer, Molybdän, Zinn, Chrom und Kobalt vorgenommen. Die Werte für Blei und Molybdän werden als leicht erhöht bezeichnet, die Werte für die anderen Stoffe können in belasteten Gebieten als Durchschnittswerte gelten. Die Werte für Cadmium, Chrom und Kobalt liegen im Bereich der Nachweisgrenze. Die gefundenen Konzentrationen stellen für die Vegetation keine Belastung dar. Pflanzliche Nahrungs- oder Futtermittel mit den festgestellten Konzentrationen können nach Aussage des Autors ohne Bedenken verzehrt werden. Die Ergebnisse stehen unter dem Vorbehalt einer dünnen Datenbasis (BUWAL 1992).

Entlang alter Linien sind die Konzentrationen generell höher als an neueren Linien, was mit einer Anreicherung über einen längeren Zeitraum erklärt werden könnte. Wie das Beispiel der Dampflokomotiven zeigt, muss zudem in Rechnung gestellt werden, dass alte Standorte auch das Emissionsprofil von fast anderthalb Jahrhunderten widerspiegeln und damit noch die Auswirkungen von Betriebsmitteln und Unterhaltungstechniken erkennen lassen, die heute keine Anwendung mehr finden.

Die geringen Belastungen im Nahbereich der Trasse können darauf zurückzuführen sein, dass durch die verstärkten Verwirbelungen im Eisenbahnverkehr die Schadstoffe mit der Luft vermischt und weit ausgetragen werden. Dies würde bedeuten, dass der Schienenverkehr die Gesamtbelastung der Landschaft erhöht, ohne dass im Nahbereich der Trasse bestimmte Bereiche oder Zonen als kontaminierte Bänder angesprochen werden könnten.

Insgesamt wird das Ausmaß der Schwermetallbelastung als „bescheiden“ bezeichnet (BUWAL 1992). Im Gegensatz dazu sind im Straßenverkehr regelmäßige Richtwertüberschreitungen für Blei, Cadmi-

um und Zink festzustellen. Es wird konstatiert, dass das Ausmaß der Schwermetallbelastung im Nahbereich des Schienenverkehrs wahrscheinlich geringer ist, als angenommen. Die Untersuchung empfiehlt, entlang von Bahnstrecken bis zu einem Abstand von 7m vom äußersten Gleis von einer systematischen Überschreitung und bis zu 10m von einzelnen Überschreitungen der Richtwerte für Kupfer auszugehen. Auch nach einer Einschätzung des TÜV (1994) sind keine Umweltauswirkungen durch den Abrieb von Schienen, Radreifen und Bremsen zu erwarten.

Tabelle 6: Zusammenstellung der Emissionen aus dem Schienenverkehr

Emissionsquelle	Stoffe/ Stoffgruppen	Emissionspfade	Menge	Reichweite	Anlagenbedingte Parameter	Betriebsbedingte Parameter
Betrieb:						
Schienenabrieb	Eisen, Eisenoxyd, C, Si, Mn, P, S	Staub, Feinpartikel	außerhalb der Trasse im Boden nicht nachweisbar, leichte Erhöhung der PM-10-Konzentration bis 3 µg/m ³ , darunter ein hoher Anteil der Eisenoxydfraktion	geringfügige Erhöhung der PM-10-Belastung bis 10m	/	/
Oberleitungsabrieb	Cu		0,15g/ km/ Zug, geringfügige Richtwertüberschreitungen	bis 7m regelmäßige, bis 10m gelegentliche Richtwertüberschreitungen im Boden, in Pflanzen keine relevanten Erhöhungen	Nur elektrifizierte Strecken	Anzahl der Züge
Korrosionsschutz an Anlagen	Zink- und bleihaltige Präparate		keine signifikanten Konzentrationserhöhungen im Boden oder in Pflanzen in Trassennähe	/	Brücken, Oberleitungsmasten, o.ä.	/
Schwellenimprägnierung	Teeröle, Phenole, PAK	Auswaschung, Gasförmiger Eintrag	Teeröl (Creosot): 2-6 kg/Schwelle/30 Jahren; PAK: 0,5kg/Schwelle/30Jahre		Nur bei Einbau von Holzschwellen (üblich sind inzwischen Betonschwellen)	/
Weichenschmiermittel	aliphatische und aromatische Kohlenwasserstoffe	Auswaschung?	3 kg/ Weiche / Jahr		nur punktuell an Weichenstandorten/ nicht bei Weichen, deren Zungen auf wartungsfreien Rollen bewegt werden	/
Herbizide	Glyphosat Dimefuron Flumioxarcin	Auswaschung, direkte Verwehung		durch Ausbringungstechnik nur im unmittelbaren Gleisbereich, in Ausnahmefällen Ausschwemmung über Entwässerungseinrichtungen	fehlende Anwendung bei fester Fahrbahn	/
Verbrennungsmotoren	NO _x , CO, CO ₂ , HC, Partikel (PM10)	gasförmig, Verwehung	nach Motor- und Triebfahrzeugtyp unter-	bis 10m sind zwar leichte Erhöhungen	Erhöhung auf Rangierbereichen, Bahnhö-	Eingesetzte Triebfahrzeuge und Motorty-

Emissionsquelle	Stoffe/ Stoffgruppen	Emissionspfade	Menge	Reichweite	Anlagenbedingte Parameter	Betriebsbedingte Parameter
			schiedlich; PM10-Belastung der angrenzenden Bereiche offenbar gering	der PM 10-Konzentration feststellbar, dabei spielen organische Stoffe kaum eine Rolle	fen etc., sehr geringe Belastung auf elektrifizierten Strecken	pen, Frequenz, Geschwindigkeit, Kilowattleistung bei Steigungen etc.
Betriebsmittel	Schmieröle, Fette, Korrosions- und Frostschutzmittel	Tropfverluste, Auswaschung	in der Regel unter 20g/Zug/d (bis 100g/Zug/d),	Verharzung im Schotterbett, Erkenntnisse zu Austrägen liegen nicht vor	Relevant auf Lokabstellplätzen	Eingesetzte Triebfahrzeugtypen
Bremsabrieb	Fe ₃ C, FeO, Pb, Zn, Kunststoffe	Feinpartikel Partikel	keine erhöhten Konzentrationen der Bodenwerte im Umfeld der Bahnanlagen, leicht erhöhte PM10-Belastung im angrenzenden Bereichen	direktes Umfeld	Bremsstrecken (Gefällestrecken, Bahnhofsnahe)	Frequenz, Anteil des Güterverkehrs
Müll	Glas, Eisen, Textilien, Papier, Kunststoffe, Organische Abfälle	Feststoffe	bis 50g/m ² /Jahr	bis 7m (vereinzelt bis 12m)		Anteil des Personenverkehrs, Frequenz, Zugmaterial (Fenster)
Fäkalien	organische Abfälle, Papier, Tenside	Auswaschung, Feststoffe				Anteil des Güterverkehrs, Zugmaterial (mittelfristig Ausfall des Emissionstyps)
Ladegut	Massengüter (Kohle, Salz, Abraum, Getreide etc.)	Feststoffe			Industrielles und landwirtschaftliches Umfeld der Strecke	Anteil des Güterverkehrs
Gefahrgüter	diverse	unfallbedingter Austrag flüssiger oder gasförmiger Stoffe	nicht quantifizierbar	nicht quantifizierbar	Industrielles Umfeld der Strecke (Anschluss von Chemiewerken etc.)	Anteil des Güterverkehrs, Bedingung von industriellen Anschlüssen
Anlage:						
Damm	Blei Zink Kalk	Auswaschung	Blei- und Zinkemissionen sinken nach wenigen Jahren unter die Nachweisgrenze		Baumaterialien: z.B. Kiessande, Elektrofenschlacke, Kalk	/
Schotter	pH-Wert-Änderung Mineralstaub	Feinpartikel	PH-Wert-Änderung für angrenzende Bereiche vermutlich nicht relevant, leichte Erhöhung der Belastung mit Feinpartikeln aus Mineralstaub		Art des Schotter (Granit oder basische Gesteine)	/

1.2.7 Bahnspezifische mechanische Wirkfaktoren

Bahnanlagen können als störungsarme Bereiche gelten. Sie werden vergleichsweise selten betreten. Eine Sonderstellung hinsichtlich der Trittbelastung nehmen die Bahnhöfe und Bahnübergänge auf. Sie weisen eine deutliche Zonierung sehr stark und wenig betretener Bereiche auf.

Sog und Wirbelschleppen können unter dem Fahrzeug als Sog, neben dem Fahrzeug als Grenzschichtströmung und hinter den Fahrzeugen als Nachlaufströmung entstehen. Wäh-

rend im Straßenverkehr die Grenzschicht- und Nachlaufströmung im wesentlichen auf die Fahrbahn beschränkt bleibt, wirken diese Luftbewegungen im Schienenverkehr vor allem seitlich bis 2,5m.

ODZUCK (1978) stellte noch in einer Entfernung von 3,5m Windgeschwindigkeiten von 5 auf der Beaufort-Skala fest. Auch in 5m Abstand wurden Windgeschwindigkeiten von 5-10 m/s festgestellt (BUWAL 1992). In 7m Entfernung konnten Windgeschwindigkeiten von 3 auf der Beaufort-Skala gemessen werden. In 12 m Entfernung war kein verstärkter Luftzug mehr messbar. Leider macht die Untersuchung keine Angaben zur auf der Strecke gefahrenen Höchstgeschwindigkeit zum Zeitpunkt der Untersuchung. Es ist vielfach vermutet worden, dass der Sog vorbeifahrender Züge querende oder sich in der Nähe der Strecke aufhaltende Tiere verschleppen und damit töten würde. Für Reptilien und Amphibien liegen dazu Erkenntnisse vor (siehe Kap. 6). In Bezug auf Insekten sind keine Beobachtungen oder Untersuchungen bekannt. Hochgeschwindigkeitszüge verursachen wegen ihrer besonderen aerodynamischen Gestaltung nur im Nahbereich stärkere Verwirbelungen. Eine intensive mechanische Belastung durch Luftzug ist daher im Nahbereich der Hochgeschwindigkeitszüge anzunehmen. Eine indirekte Wirkung des Luftzuges ist die Räumung der Trasse von Schnee (siehe Kap 4).

1.2.8 Bahnspezifische Wirkfaktoren – Empfehlungen für die Wirkungsprognose

Die Datengrundlage zur Abschätzung einiger Wirkfaktoren, insbesondere zu den stofflichen, ist derzeit noch ungenügend. Bis zum Vorliegen verbesserter Grundlagen wird die Heranziehung der hier dargestellten Ergebnisse empfohlen. Grundlagen aus anderen europäischen Ländern sind auf ihre Übertragbarkeit zu prüfen.

Die Übertragung von Wirkfaktoren aus dem Straßenverkehr in Hinblick auf Art, Menge und Reichweite bedarf in jedem Fall einer kritischen Überprüfung.

Da sich auch Bahnanlagen untereinander in Hinblick auf Qualität, Quantität und Reichweite der Wirkfaktoren unterscheiden, ist in die Auswirkungsprognose die konkrete technische Gestaltung der Strecke sowie das Betriebsprogramm einzubeziehen.

Es wird empfohlen, das zum Zeitpunkt der Antragstellung durch den Vorhabenträger vorgestellte Betriebsprogramm als Grundlage für die Wirkungsprognose auszuwerten.

In Hinblick auf Anlagenbestandteile und Betriebsmittel, die einer ständigen Weiterentwicklung unterworfen sind (z.B. Bremstypen, Herbizide), wird empfohlen, in der Regel von der derzeitigen Situation auszugehen. In bestimmten Fällen können auch zukünftige technische Standards o.ä. einbezogen werden, z.B. bei laufenden Umrüstungsprogrammen oder bekannten, aber noch nicht umgesetzten gesetzlichen Anforderungen.

2. Bahnspezifische Auswirkungen auf Pflanzen und Pflanzengesellschaften durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

2.1 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsanlagen

Die Prognose der Lebensraumverluste im Umfeld von Bahnanlagen durch Neu- oder Ausbaumaßnahmen kann nach den üblichen methodischen Standards erfolgen. Besondere bahnspezifische Anforderungen ergeben sich nicht. Es stellt sich jedoch die Frage, welche Lebensraumverluste durch Änderungen der Bahnanlage als solche zu erwarten sind und welche Anforderungen sich daraus insbesondere für den Untersuchungsrahmen ergeben. Die Vegetation von Bahnhöfen umfasst häufig Arten der Roten Liste, die an die Struktur und Nutzung der Anlagen angepasst sind. Bahndämme im Offenland bilden meist Vegetationsstandorte von mittlerer Bedeutung und tragen vor allem ruderalisierte Glatthaferwiesen, div. Saumgesellschaften sowie Gebüschformationen, die in ihrer Zusammensetzung weitgehend auf Anpflanzungen zurückgehen. Zahlreiche Elemente diverser Trockenrasen, deuten ein Standortpotential an, das sich jedoch nur bei zielgerichteter Bauweise des Dammkörpers sowie entsprechenden Pflegemaßnahmen im Sinne des Naturschutzes nutzen ließe. Bahnanlagen bilden Ausbreitungsachsen sowohl für einheimische als auch für florenfremde Arten.

Zum Vorkommen von Pflanzen auf Bahnanlagen existiert eine reichhaltige Literatur, die hier nur auszugsweise wiedergegeben wird. Bei Interesse wird die Bibliographie von BRANDES (1990) empfohlen. Leider sind die Auswirkungen des Eisenbahnverkehrs auf angrenzende Lebensräume weit weniger intensiv untersucht, obwohl dies für die Wirkungsprognose von Neu- und Ausbaumaßnahmen sowie die Konzeption und Bemessung von Kompensationsmaßnahmen von hohem Interesse wäre.

Standortbedingungen auf Bahnanlagen

Bahnanlagen bilden Extremstandorte, die natürlicherweise in dieser Form in Mitteleuropa kaum vorkommen (SCHAUERMANN & PORRMANN 1989). Pflanzen, die sich im Bereich des Oberbaus ansiedeln, müssen mit den extremen Wuchsbedingungen auskommen.

Klima/ Einstrahlung

Die im Oberbau wachsenden Arten müssen volles Sonnenlicht und die klimatischen Besonderheiten (Erhitzung bis 20 °C über der Ausgangstemperatur, Wasserarmut) der Bahnanlage ertragen (REPP 1958). Randeinflüsse, wie z.B. Beschattung durch Vegetation oder in Einschnitten o.ä. können die Lebensraumbedingungen auf den Gleisanlagen mildern. Wenig überraschend sind die klimatischen Unterschiede zwischen der Süd- und Nordseite des Damms. An der Südböschung können bis zu 5 % höhere Lufttemperaturen und bis zu 25% höhere Bodentemperaturen festgestellt werden (BRANDES 1993, SUOMINEN 1969).

Wasserversorgung

Der fehlende Grundwasseranschluss durch mangelnde Kapillarität im Oberbau bewirkt hier extrem trockene Standorte (EGGERS 2001). Die nutzbare Feldkapazität in den von JUCHLER & STICHER (1984) untersuchten Dämmen (Unterbau) lag größtenteils unter 100mm und wurde dementsprechend als trocken eingestuft. Die Bodenfeuchte nimmt von der Dammschulter zum Dammfuß hin zu (VOGEL 1996).

Boden

Auf dem Oberbau findet bei ordnungsgemäß gewarteten Bahnanlagen keine nennenswerte Bodenentwicklung statt. Die Humusversorgung im Unterbau hängt wesentlich davon ab, ob Mutterboden als oberste Schicht aufgebracht wurde. Zur Kostenminimierung wird ein Verzicht auf die Mutterbodenaufgabe in letzter Zeit nach Beobachtung des Eisenbahn-Bundesamtes häufig angestrebt. Ohne Mutterbodenaufgabe übersteigt der Humusgehalt nach wenigen Jahren nur selten 1,5 % (JUCHLER & STICHER 1984). Auf Bahndämmen ist eine gute Durchwurzelbarkeit gegeben. Die auf dem Damm wachsenden Pflanzen wurzeln bis 60cm Tiefe, wo sie auf verhärtete Schichten stoßen. Die Verdichtung

des Dammkörpers in Verbindung mit der Zugabe von Kalk führt stellenweise zu vegetationsfeindlichen Bereichen. Die Bodenentwicklung der folgenden Jahre ist durch eine Zunahme der Durchwurzelung im Oberboden, eine Vergrößerung der Speicherkapazität für nutzbares Wasser, eine Absenkung des pH-Wertes und einer Zunahme des Humusgehalts im Oberboden bis 5 % gekennzeichnet. Als Bodentyp ist ein Pararendzina zu erwarten. Von verschiedenen Autoren (so z.B. DE ROECK 1984) werden die heterogenen Bodenverhältnisse an Bahndämmen hervorgehoben, als deren Ursache der Einbau von lokalen Materialien anzusehen ist. Die ingenieurtechnischen Anforderungen sind jedoch zwischenzeitlich so anspruchsvoll geworden, dass auch der Aufbau der Erdbauwerke stark standardisiert wurde und sich lokale Besonderheiten im Dammaufbau kaum mehr wiederspiegeln.

Humusentwicklung/ Nährstoffhaushalt

Die Nährstoffversorgung im Oberbau ist unterschiedlich und hängt von der Intensität des bisherigen Pflanzenwuchses, der Nährstoffversorgung des Unterbaus sowie der Art und Menge des verstreuten Ladegutes (z.B. Kunstdünger), des Fäkalieneintrages sowie von atmosphärischen Einträgen ab (AICHELE 1972). Auf Grund des geringen Sorptionsvermögens des Oberbaus ist eine hohe Auswaschung anzunehmen. Die pH-Werte liegen im leicht sauren Bereich (EGGERS u.a. 2003).

Die pH-Werte im Unterbau liegen häufig durch Kalkzugaben bei der Verdichtung im alkalischen Bereich. Teilweise sind toxische pH-Werte über 9 feststellbar. Auch die Kalium- und Phosphorversorgung ist niedrig. In den oberen 10cm finden sich häufig höhere Werte, da die Samen gemeinsam mit einer NPK-Nährlösung aufgespritzt werden (JUCHLER & STICHER 1984).

Nutzungsdruck/ Unterhaltungsmaßnahmen

Die Nutzung der Bahnanlagen ist unterschiedlich. Ungenutzte Räume sind besonders zwischen den Einfädelungsspuren vor Bahnhöfen zu finden. Aus ökologischer Sicht weisen Bahnhöfe als Besonderheit zahlreiche extensiv oder nicht genutzte Teilbereiche auf. Der Nutzungsdruck auf dem Unterbau, den Einschnitten und Dämmen kann als gering bezeichnet werden. Die Umgebungsvegetation beeinflusst die Artenzusammensetzung auf dem Unterbau deutlicher als auf dem Oberbau.

Anpassungsstrategien

Auf dem Oberbau vorkommende Arten sind dem Standort durch Strategien wie Bewurzelung in großer Tiefe, Wurzelbrut, Ausbreitung mittels Rhizomen und Stolonen, Horstbildung gut angepasst (EGGERS u.a. 2001, HÜGIN u.a. 1995). Weniger intensiv gepflegte Räume zwischen den Gleisen können Rückzugsgebiete für die Ackerwildkräuter bieten, die lockere Böden bevorzugen und keine hohen Ansprüche an die Wasserversorgung stellen, wie z.B. *Viola tricolor*, *Delphinium consolida* etc (AICHELE 1972).

Vegetation auf Bahnhöfen

Bahnhöfe sind in geobotanischer Hinsicht am Besten untersucht. Die einzelnen Standortfaktoren der Bahnhöfe kommen zwar auch an anderen Ruderalstandorten vor, ihre auf allen Bahnhöfen ähnliche Kombination führt jedoch zu einer speziellen Form der Ruderalvegetation (MATTHEIS & OTTE 1989, SPRINGER 1987, VOGEL & AUGART 1992). Die Artenzusammensetzung im Gleisbereich ist insgesamt sehr labil, da regelmäßig intensive Eingriffe durch Herbizide erfolgen. Die Artenzahlen sind vergleichsweise hoch, wenn man sie auf die geringe von Pflanzen überhaupt besiedelbare Fläche bezieht.

Für Bahnhöfe sind Therophyten besonders kennzeichnend. Typische Pionierpflanzen trockener Schutthalden (AICHELE 1972, REPP 1958, BRANDES 1993) bilden den Kern der eisenbahntypischen Vegetation. Auf sandigen Bereichen sind fragmentarisch ausgebildete Sandrasen (*Sedo-Scleranthetea*) zu finden. Daneben finden sich Steinklee-Gesellschaften (*Dauco-Melilotion*) und Wegraukengesellschaften (*Sisymbrium officinalis*). Als Gesellschaft der geschotterten Bereiche ist das *Erigeron*-etum zu nennen, das bei geringer Bekämpfungsintensität rasch vom *Echio-Melilotetum* abgelöst wird. Daneben kommen auch zahlreiche andere Pflanzengesellschaften, so z.B. kurzlebige Ruderal- und Ackerwildkrautfluren, vor. Die Moosgesellschaft *Funarietum hygrometricae* besiedelt Substrate, die nicht zu grobschottrig sind (BRANDES 1993, FEDER 1990). Abstellgleise bilden wertvolle Wuchsorte für Flechten (NEUWIRTH 1999). Besonders auf Güterbahnhöfen finden sich extensiv genutzte Bereiche, die neben den vorgenannten Gesellschaften auch Magerrasenfragmente (*Festuco-Brometea*) und Saumgesellschaften (*Trifolio-Geranietea*) tragen. Es können Monobestände von bestimmten herbizidresistenten Gattungen wie *Senecio* sp. auftreten (VOGEL & AUGART 1992). Am

Rand von Bahnhöfen finden sich häufig Gehölzbestände von Pionierarten, wie *Betula pendula*, *Acer pseudoplatanus*, *Robinia pseudacacia*, *Salix caprea*, *Sambucus nigra*, *Buddleja davidii*, *Ailanthus altissima* u.a., die ohne Gegenmaßnahmen rasch Waldbestände bilden. Es sind vorzugsweise anemochore Arten anzutreffen (MATTHEIS & OTTE, VOGEL & AUGART 1992).

Der Anteil der florenfremden Arten auf Bahnhöfen hängt von seiner geographischen Lage, der Intensität des Güterverkehrs, der besiedelbaren Randflächen und der Größe des Bahnhofs ab. Er schwankt zwischen 10 und 20 %, in Ausnahmefällen werden auch deutlich höhere Anteile erreicht. In montanen Lagen liegen die Werte deutlich niedriger (BRANDES 1993, HOHLA U.A. 1998, VOGEL & AUGART 1992).

Bewertung von Bahnhöfen unter Naturschutzaspekten

Die Bedeutung von Bahnanlagen als Rückzugsraum für Arten der Roten Liste wird von einigen Autoren hervorgehoben (HOHLA u.a. 1998). HOHLA fand auf Bahnhöfen Österreichs 10 ausgerottete oder verschollene Arten, 12 vom Aussterben bedrohte Arten, 15 stark gefährdete Arten und 46 gefährdete Arten. Die Bedeutung von Bahnhöfen für die Vegetation wird zunehmend erkannt (FEDER 1990). So wurde in Hannover und Berlin festgestellt, das 50% bzw. 41 % der Stadtflora auf Bahnhöfen zu finden war, darunter auch zahlreiche Arten der Roten Liste.

Bahnhofsbrachen und stillgelegte Eisenbahnstrecken entwickeln sich rasch zu floristisch interessanten Bereichen. Die Literatur hierzu übertrifft die Quellen zu in Betrieb befindlichen Anlagen bei weitem. Als Beispiel sei hingewiesen auf BRANDES (1993), BELLER & KAIRIES (1992), FEDER (1990), HÜBSCHEN (1999), KOWARIK & LANGER (1994), MOHR (1989), SAVELSBERGH (1990), SCHAUERMAN & PORRMANN (1989), VAN RAAK u.a. (1984).

Vegetation auf und an Bahnstrecken außerhalb der Bahnhöfe

Geobotanische Literatur über die Vegetation der Bahndämme ist im Vergleich zu der über Bahnhöfe selten (KLEIN 1982).

PARTZSCH & KÄSTNER (1995) stellten im **Gleisbereich** der freien Strecke 75 Arten fest. Die Vegetation der Böschungsbereiche von Straßen und Bahndämmen stimmt weitgehend überein. EGGERS u.a. (2001) sowie EGGERS & ZWARGER (2002) stellten 35 Arten fest, die auf dem **Randweg** Deckungsgrade von 5% und mehr einnahmen. Auf den Randwegen kommen dabei so gut wie alle Arten der angrenzenden Bereiche vor. 5 Arten nahmen auf der **Schotterflanke** regelmäßig mehr als 5% ein. Der Schmalblättrige Holzzahn konnte als einzige Art regelmäßig Deckungsgrade von über 5 % im **Gleisrost** erreichen. Der Schotter wird, mit Ausnahme frisch aufgeschotterter Bereiche (Granitschotter) von diversen Flechten besiedelt (NEUWIRTH 1999).

PARTZSCH & KÄSTNER (1995) fanden auf der **Dammböschung** 117 und in der Grabenböschungsregion 217 Arten. JUCHLER & STICHER (1984) stellten fest, dass auch auf über 100jährigen Bahndämmen keine typischen Kalkmagerrasen entstanden waren, wenn auch einige Charakterarten der Gesellschaft feststellbar waren. Auch KLEIN (1982) hebt das häufige Auftreten von Arten des Bromion neben Arten des Arrhenatherion auf Bahndämmen hervor, während sich die Vegetation auf Straßenböschungen in dieser Untersuchung auf das Arrhenatherion beschränkt. SARGENT (1984) stellte fest, dass 71% der Bahnanlagen in Großbritannien durch das Arrhenatheretum elatioris eingenommen werden. Gebüschformationen des Rhamno-Prunetea nehmen ca. 12 % der Fläche ein. Die beim Eisenbahn-Bundesamt eingehenden Landschaftspflegerischen Begleitpläne zu Ausbaumaßnahmen an Schienenwegen (z.B. COCHET CONSULT 2003) lassen für Deutschland ein ähnliches Bild vermuten. Erstaunlich ist das häufige Vorkommen von Feuchtheiden auf Bahnanlagen in Großbritannien. Vergleichbare Beobachtungen aus Deutschland liegen nicht vor.

In vielen Fällen wurden Dominanzgesellschaften einzelner Arten festgestellt, so von Quecke, Ackerkratzdistel, Brennnessel, Goldrute, Staudenknöterich und Landreitgras (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001, COCHET CONSULT 2003). NIEMI (1969) sieht solche Dominanzgesellschaften vor allem in der artenreichen Übergangszone zwischen Oberbau und der geschlossener Wiesenvegetation der Böschungen.

In basenarmen Mittelgebirgen finden sich Epilobietea-Gesellschaften. Auch Ruderalgesellschaften (Artemisietea) treten auf. In Kontakt zu Wäldern treten häufig Glechometalia-Gesellschaften in Erscheinung. An südexponierten Böschungen findet sich wärmebedürftige Onopordietalia-Arten. CO-

CHET CONSULT (2003) beschreiben ebenfalls Onopordietalia-Gesellschaften, nitrophytische Saumvegetation, daneben auch mesophytische Säume.

Auf Bahnböschungen sind *Prunetalia*-Gebüschse sehr verbreitet, deren Zusammensetzung teilweise, aber nicht ausschließlich auf Pflanzungen zurückgeht. Eine Sonderstellung hinsichtlich der Vegetation auf Dammlflächen nehmen die innerstädtischen Bereiche ein. Hier finden sich häufig Gehölzbestände mit einer dichten Strauchschicht. Die Säume dieser Bestände werden von nitrophilen Arten aufgebaut. Bewirtschaftungsmaßnahmen der Vergangenheit lassen sich nur noch teilweise an der Vegetation ablesen. Früher wurden entlang von Bahnanlagen Robinien, Eichen und Pappeln gepflanzt, die zur Holzproduktion (Schwellen), zur Hangsicherung oder Herstellung anderer Anlagenteile (z.B. Unterlegscheiben) dienten. Die Artenwahl erfolgte in Hinblick auf die erwünschte Holzverwendung sowie andere Eigenschaften, wie Brandsicherheit, Ausschlagvermögen etc. Bis in die 70 Jahre hinein wurden die Bahndammbereiche abgeflämmt und teilweise beweidet. Diese Bewirtschaftungsweise dürfte eine typische Artenzusammensetzung zur Folge gehabt haben, die an den heutigen Beständen jedoch nicht mehr ablesbar ist. In intensiv landwirtschaftlich genutzten Bereichen bilden Bahndämme bzw. an die Bahn angrenzende Seitenstreifen die letzten naturnahen Räume.

Einschnitte und das Mauerwerk von älteren Anlagenteilen sind Wuchsorte für Farne. So berichtet SCHWAB (1994) von mehreren seltenen Farnarten in Serpentinfelsanschnitten. KOSTER (1991) beschreibt Mauerwerk an Bahnanlagen als typischen Standort des *Asplenietea rupestris*. SARGENT (1984) weist darauf hin, dass seit der Einstellung des dampfbetriebenen Schienenverkehrs die Farne an Tunnelleingängen und im Mauerwerk von Bahnanlagen stark zurückgegangen sind.

Bewertung von Bahnstrecken unter Naturschutzaspekten und Möglichkeiten zur Entwicklung wertvoller Vegetationsbestände

BAKKER (1997) benennt Bahnanlagen und ihre Randbereiche als einer der größten natürlichen Systeme der Niederlande, auf der 60% der Gefäßpflanzen wachsen. SARGENT (1984, ähnlich auch NIEMI 1969) benennt Einschnitte als unter Naturschutzaspekten besonders interessante Bereiche. Von über 3000 Probeflächen wurden 26% als wertvoll eingestuft. KOSTER (1991) berichtet von Kalkmagerrasen auf den Böschungen von Einschnitten sowie von feuchten Heiden am Grund von Einschnitten. Insgesamt finden sich 63% aller in den Niederlanden nachgewiesenen Pflanzenarten auch auf Bahnanlagen. KOSTER fand im niederländischen Bahnnetz insgesamt mehr als 200 Teilabschnitte von insgesamt 300 km Länge, denen wegen des Vorkommens seltener Pflanzenarten eine hohe Bedeutung für den Naturschutz zukommt. Dabei wurden jene Streckenabschnitte, die durch ökologisch wertvolle Gebiete führten und von diesen aus besiedelt wurden, also keine Refugial- oder Ausbreitungsfunktion aufwiesen, nicht berücksichtigt.

JUCHLER & STICHER (1984) weisen darauf hin, dass ohne eine zielgerichtete Konzeption bei der Herstellung des Damms die Voraussetzungen für Halbtrockenrasen nicht entstehen werden. Um die Standortvoraussetzungen für diesen Vegetationstyp zu schaffen, empfehlen die Autoren die Auflage einer 60cm dicken, unverdichteten Schicht auf den verdichteten Schichten des Bauwerkes. Die aufgetragene unverdichtete Schicht sollte lehmiger Sand oder sandiger Lehm mit einem Kalkgehalt von mindestens 10% sein. Es sollte eine dünne Mutterbodenschicht von 10cm aufgetragen werden, die mit der unverdichteten Schicht leicht vermischt wird. Wird auf eine Humusaufgabe verzichtet, bleibt das Substrat zwar nährstoffarm, wird aber nur von Rohbodenspezialisten besiedelt. STOTTELE (1995) weist der Unterhaltung der Böschungflächen eine wesentliche Bedeutung bei der Entwicklung und Erhaltung von Halbtrockenrasen zu. Empirische Versuche zur Entwicklung von Halbtrockenrasen auf Bahndämmen fehlen.

2.2 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Die Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur von an Bahnanlagen angrenzenden Beständen kann durch die massive Einwanderung von Neophyten erfolgen. Bahnanlagen stellen bevorzugte Ausbreitungsachsen für Neophyten dar. Es handelt sich jedoch meist nicht um Arten, die in ungestörte, geschlossene Vegetationsbestände eindringen. Verschiedene Autoren sagen eine Reduzierung der eingeschleppten Pflanzenarten voraus, da wesentliche Transportmedien zwischenzeitlich ausgefallen sind. Entlang von Bahnanlagen ist häufig eine Nutzungsextensivierung und die Ausbildung von Übergangsbereichen zu beobachten. Dies

kann jedoch für neue und ausgebaute Bahnanlagen nicht sicher prognostiziert und daher nicht in die Wirkungsprognose einbezogen werden. Der Rückschnitt zur Herstellung von Sicherheitsabständen und Sichtachsen kann zur Ausbildung von Waldrändern aber auch zur Beeinträchtigung bestehender Wälder führen.

*Die Einwanderung von Neophyten entlang von Bahnanlagen wurde oben beschrieben. Es stellt sich die Frage, ob diese Arten auch die angrenzenden Lebensräume besiedeln und dort ökologisch nachteilig wirken. Sofern die Besiedlung neuer Standorte beschrieben wird, handelt es sich dabei ausschließlich um Verkehrsflächen oder Industriebrachen. Dass Verkehrsstrassen als Ausbreitungswege für einheimische Pflanzen - aber auch Neophyten - wirken, wurde in zahlreichen Studien belegt. (ERNST 1998, BRANDES 1993, BÜSCHER 1995, HOHLA U.A. 1998, LESCHUS 1999, PASSARGE 1999, KOSTER 1991, DE ROEK 1984, NIEMI 1969). PARTZSCH & KÄSTNER (1995) stellten fest, dass der Anteil der Neophyten auf Bahnanlagen höher war als an Straßen. Spektakuläres Beispiel in jüngerer Zeit ist die Ausbreitung von *Senecio inaequidens*. Zumindest für die letzte Art wurde belegt, dass die hohen durch den Zugverkehr entstehenden Windgeschwindigkeiten die Ausbreitung fördern. Entlang von Eisenbahn-Trassen scheinen sich insbesondere, aber nicht ausschließlich Therophyten auszubreiten (ADOLPHI 1996, FEDER 1990, AICHELE 1972). Daneben ist die Förderung anemochorer Neophyten durch den Zugwind anzunehmen. Die Samen anderer Arten, wie *Geranium purpureum* haften selbst an glatten Oberflächen (HÜGIN 1995). Es wird vermutet, dass sich nur anemochore Neophyten, vom Fahrtwind profitierend, kontinuierlich entlang einer Bahnstrecke verbreiten. Die Verbreitung durch an Zügen anhaftende Samen führt durch den Austrag beim Beschleunigen bzw. Bremsen dagegen zu inselartigen Beständen. Die wichtigste Ausbreitungsform dürfte jedoch die Verschleppung mit transportierten Gütern darstellen (Getreide, Viehfutter, Baustoffe, Südfrüchte). Die Transportmedien und Warenbeziehungen sind einem steten Wandel unterzogen, der sich auch auf die Zusammensetzung der eingeschleppten Arten auswirkt. So wurden früher Südfrüchte in Häcksel verpackt, mit dem bevorzugt Diasporen aus dem Mittelmeergebiet einwanderte. Dieses Verpackungsmaterial ist zwischenzeitlich verschwunden und mit ihm ging die Einwanderung mediterraner Pflanzen über die Schienenwege zurück. Auch die Verlagerung des Güterverkehrs auf die Straße führt zu einem Rückgang florenfremder Arten auf Bahngelände. Die Einschleppung von Neophyten durch den Bahnverkehr hat in den letzten Jahren stark nachgelassen (VOGEL 1996).*

Auch die Randflächen von Bahnanlagen werden wenig betreten, nicht gedüngt und unterliegen nur extensiven Eingriffen (VAN DER GRIFT & KUIJSTERS 1998). Der Grenzcharakter zwischen Bahnanlage und landwirtschaftlich genutztem Umfeld lässt vielfach ungenutzte Restflächen entstehen, die sich weitgehend ungestört entwickeln können und blütenreiche Staudenfluren tragen. In sandigen Bereichen können sich hier Reste früherer Nutzungsformen, wie Borstgrasrasen und Heideflächen halten (BELLER & KAIRIES 1992). Ähnliche Phänomene werden auch aus Australien berichtet, wo, an extensive Brandnutzung angepasste Arten auf Bahnanlagen überdauern haben (LUNT 1997).

Der Gehölzschnitt entlang der Bahntrasse in bewaldeten Bereichen kann zur Ausbildung eines naturnahen Waldrandes führen. KOSTER (1988) weist darauf hin, dass Eisenbahnböschungen auch im Vergleich zu Straßenböschungen einer geringeren Pflegeintensität unterliegen.

2.3 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren im Umfeld von Bahnanlagen

Der Wasserhaushalt im Umfeld von Bahnanlagen kann durch die Einleitung von Niederschlagswasser verändert sein. Dies gilt besonders für die direkt an den Böschungsfuß anschließenden Bereiche.

Im Umfeld von Bahntrassen kommt es zu einer deutlichen Erhöhung der Temperatur und Abnahme der Luftfeuchtigkeit. Auswirkungen auf die Vegetation sind zu vermuten, wurden jedoch offensichtlich noch nicht untersucht. Eine indirekte Folge der klimatischen Auswirkungen ist die gesteigerte Waldbrandgefahr in der Nähe der Bahntrassen, die sich auf Wälder, Heiden und andere Vegetationstypen auswirken könnte.

Gelegentlich liegen in Einschnitten Entwässerungsgräben seitlich der Trassenkörper, die in quelligen Abschnitten recht saubere und zum Teil auch ständig bespannte Wasserflächen aufweisen. Einschnitte können Schluchtwaldcharakter aufweisen (BELLER & KAIRIES 1992).

Das Mikroklima im Umfeld von Bahnanlagen ist im allgemeinen wärmer und trockener als auf Vergleichsstandorten. Auswirkungen auf die Vegetation sind zu erwarten, wurden jedoch bisher nicht untersucht. Die Auswirkungen können je nach Art des angrenzenden Biotoptyps sowohl positiv als auch negativ zu werten sein.

LEX & WITTICH (2002) sowie COWLES (1972) konstatieren eine erhöhte Waldbrandgefahr im Umfeld von Bahntrassen, die durch das spezielle Mikroklima und den gelegentlichen Funkenflug zurückgeführt werden. Ob diese episodischen Ereignisse tatsächlich zu einer Veränderung der Vegetation im Umfeld der Bahnanlagen führen, ist unklar.

2.4 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch die Barrierewirkung von Bahnanlagen

Auch für Pflanzen lässt sich eine Barrierewirkung feststellen. Bahnstrecken dienen allerdings auch für heimische Pflanzenarten als wichtige Ausbreitungsachsen.

*TIKKA u.a. (2001) wies nach, dass Bahn- und Straßendämme als Ausbreitungskorridore für Wiesenpflanzen funktionieren. Auch KOSTER (1991) gibt an, dass sich vor allem Pflanzen von Sandstandorten aus über Bahnanlagen in Teile der Niederlande verbreitet haben, die zuvor von diesen Arten gemieden wurden. Für Ackerwildkräuter werden Bahnanlagen als Rückzugsraum und Wanderweg beschrieben (AICHELE 1972). Auch BELLER & KAIRIES (1992) postulieren die Einwanderung zahlreicher einheimischer Arten aus Verkehrswegen in Brachflächen der Siedlungsbereiche. Für bestimmte einheimische Saumarten wurde eine Ausbreitung über Bahnanlagen und eine Massenvermehrung an günstigen Standorten festgestellt (*Astragalus glycyphyllus*, *Tragopogon dubius*, *Apera interrupta*, BÜSCHER 1999 und 1995). COST 2001 weist darauf hin, dass Bahnanlagen für Arten, die sich durch Säugetiere, Ameisen oder Ausläufer verbreiten, starke Barrieren darstellen.*

2.5 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

Die Untersuchungen zum Einfluss von bahnspezifischen Stoffeinträgen auf die Umgebungsvegetation bleiben in Hinblick auf die Reichweite und Art der Beeinträchtigungen weit hinter den Erwartungen und auch weit hinter Vergleichswerten im Straßenbau zurück. Die Auswirkung und Reichweite einiger Emissionsarten, wie den Verbrennungsgasen von Dieselfahrzeugen, liegen keine Angaben vor. Nach den aktuellen Anwendungsbestimmungen kann davon ausgegangen werden, dass Herbizide nur auf dem Oberbau aufgetragen werden und benachbarte Bereiche nicht mehr erfasst werden. Alte Studien, die eine Selektionswirkung bis zu 7m vom Gleis feststellten, sind durch die erheblich verbesserte Ausbringungstechnik überholt. Gleiches gilt für die durch Müll hervorgerufene Düngung, zumindest für Standorte mit normaler Nährstoffversorgung. Staub führt nicht zu erkennbaren Auswirkungen. Schwermetalle werden von Pflanzen gleichfalls nicht in nennenswerter Menge aufgenommen. Die Reichweite des aus dem Bahndamm ausgeschwemmten Kalks kann derzeit nicht abgeschätzt werden.

Der Schotter ist meist aus Granit, seltener auch aus kalkhaltigen Materialien aufgebaut. Erst nach einiger Zeit spiegelt sich die Art des Schottermaterials überhaupt im Bewuchs des Schotters wieder, der Einfluss bleibt auf den Oberbau beschränkt (REPP 1958). Gravierender sind die Auswirkungen des Bahndamms zu bewerten, wenn dem Erdbauwerk zur besseren Verdichtung Kalk beigemischt wird (JUCHLER & STICHER 1984). Der Kalk beeinflusst die Vegetation des Bahndamms. Das über den Damm versickernde Niederschlagswasser schwemmt Kalk aus. Direkt aus dem Bahndamm austretender Kalk sowie über den Bahndamm einwandernde kalkliebende Pflanzen können in oligotrophen und sauren Lebensräumen, wie z.B. Heidegebieten, Mooren oder oligotrophen Gewässern

die Standortvoraussetzungen oder die Florenzzusammensetzung verändern. Diese Auswirkungen sind mit dem Bau von Bahndämmen jedoch nicht zwingend verbunden, da ggf. auf den Einbau von Kalk verzichtet werden kann.

ODZUCK (1978) stellte an Trassen in Grünlandgebieten fest, dass die Pflanzengesellschaft bei 3,5m Abstand zum Gleis als „Krautige Vegetation oft gestörter Plätze (Convolvulo-Agropyrion)“ anzusprechen ist. Bis zu einem Abstand von 7m ging diese in Gesellschaften des Arrhenatheretalia über, die bei 7m noch deutliche ruderale Einflüsse aufwies, was auf den Mülleinfluss zurückgeführt wird. In einem Abstand von 12m vom Gleis konnte eine von Emissionen unbeeinflusste Rasenvegetation festgestellt werden. Nach ODZUCK lassen sich bis 7m Auswirkungen auf die Vegetation durch zersetzten organischen Müll feststellen. Bei 3,5m sind die Stickstoff- und Reaktionszahlen nach Ellenberg am höchsten und nehmen mit wachsender Entfernung von der Bahn ab. Der basi-nitrophytische Charakter der Vegetation wird durch den Müll hervorgerufen.

Die Auswirkungen durch Creosote, Phenole und PAK aus Holzschwellen auf die Vegetation dürfte nur in frisch imprägnierten Schwellen im direkten Umfeld gegeben sein, da in älteren Schwellen Pflanzen direkt aus den Ritzen des Holzkörpers wachsen (HOHLA u.a. 1998).

Die Herbizidausbringung erfolgt regelmäßig im Frühsommer, so dass unter den Therophyten die Wärmekeimer begünstigt werden. Diese haben ohne Hilfe der Herbizide keine Chance im Frühsommer noch vegetationsfreie Keimflächen zu finden (BRANDES 1993). Der verwendete Wirkstoff steuert das Artenspektrum. Durch die einseitige Verwendung eines Wirkstoffes werden bestimmte Arten selektiert. Typischerweise zur Ausbildung von Resistenzen neigende Arten und Gattungen sind z.B. Amaranthus, Chenopodium, Kochia, Salsola, Senecio, Conyza, Heracleum, Convolvulus, Equisetum, Tussilago, Carex, Rubus, Galium, Polygonum etc. (MATTHEIS & OTTE 1989, REPP 1958). Sie werden von der Bahn als Problemunkräuter angesehen. Einige Arten reagieren auf den Herbizideinsatz durch Verschiebungen im Lebenszyklus. Arabidopsis thaliana und Geranium robertianum blühen nach der Unkrautbekämpfung, andere schließen die Fortpflanzung vorher ab (HOHLA u.a. 1998, HÜGLIN u.a. 1996). Die Beseitigung von Vegetation durch Herbizide wird durch AICHELE (1972) als eher unkritisch angesehen, sofern sie maßvoll erfolgt, da sie die Wuchsbedingungen für teilweise seltene Arten auf dem Oberbau erst schafft. BRANDES (1993) stellt fest, dass die rigorose Herbizidanwendung zweifellos eine erhebliche Umweltbelastung darstellt. HOHLA u.a. (1998) befürchten Belastungen des Grundwassers, Verblasen der Herbizide auf Anrainerkulturen, eine durch die Ausbildung von Resistenzen bewirkte Intensitätsspirale der Unkrautbekämpfung und bezeichnet die Herbizidbehandlung als nicht zu rechtfertigen. Dieselben Autoren stellen jedoch auch heraus, dass Bahnanlagen nur durch die Unkrautbekämpfung Rückzugsraum für konkurrenzschwache Arten sind. Die Selektionswirkung von Herbiziden wurde 1978 in einer Untersuchung bis zu einer Entfernung von 4m von der äußeren Gleisachse als enorm bezeichnet, so dass sich dort nur resistente Arten oder solche mit angewandtem Entwicklungszyklus halten können (ODZUCK 1978, BRANDES 1993). Damit war der Bereich des Oberbaus angesprochen, der unmittelbar mit Herbiziden behandelt wird. Die lückenhafte Vegetation bei 3,5 Abstand zum Gleis ging nach dieser Untersuchung ab 4m in eine geschlossene Rasengesellschaft über, die bei 7m noch ruderal beeinflusst wart. Die Reichweite der Beeinträchtigungen durch Herbizide hat sich seit dieser Untersuchung durch eine stark verbesserte Applikationstechniken deutlich reduziert. Untersuchungen zur derzeitigen Reichweite der Herbizidbelastung in angrenzenden Bereichen stehen aus.

Der derzeit eingesetzte Wirkstoff Glyphosat schädigt bei direkter Zufuhr zu Oberflächengewässern Wasserpflanzen.

Ein Einfluss von Ruß, Staub, Metallabrieb, Öl und Schmiermitteln auf die Vegetation der Bahnhöfe und der an Bahntrassen angrenzende Vegetationsbestände konnte nicht festgestellt werden (MATTHEIS & OTTE 1989, ODZUCK 1978). Auch für den Metallabrieb vermutet derselbe Autor keine Auswirkungen, da nur Eisen in nennenswertem Umfang auftritt und dieses regelmäßig nicht zu Mangelstoffen in der natürlichen Umgebung gehört. ODZUCK (1978) sieht keine Einflüsse auf die Vegetation. Es stellt sich allerdings die Frage, ob auf Ruß und Verbrennungsgase empfindlich reagierende Pflanzenbestände doch Auswirkungen erkennen lassen

Da der Autor im Abstand von 7m keinerlei Schadstoffe mit Ausnahme der oben aufgeführten Müllmengen mehr festgestellt hat, dürfte der Einfluss auf die umliegende Vegetation durch Metallabriebe, sofern überhaupt vorhanden, auf einen sehr schmalen Korridor beschränkt sein. BUWAL (1992) hat

diese Frage untersucht und führt aus, dass die Schwermetallbelastungen von Pflanzen entlang von Bahnstrecken „relativ gering“ sind und weit hinter den Erwartungen zurückbleiben. Der Verzehr der Pflanzen aus diesem Nahbereich der Trasse durch Mensch und Tier wird in Hinblick auf die enthaltenen Schwermetalle als unbedenklich bezeichnet.

2.6 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Als wichtigste bahnspezifische mechanische Einwirkung können Luftbewegungen (Verwirbelungen, Sog) gelten. Sie bewirken bis zu 7m Änderungen des Pflanzenwachstums und steuern die Ausbreitung entlang der Trasse mit. Die Trittbelastung von Beständen an und entlang von Bahnanlagen ist meist gering, lediglich im Bereich von Bahnübergängen sind deutliche Auswirkungen auf die Vegetation zu erwarten.

Für zugempfindliche Arten wird eine Meidung der Bahnanlagen ebenso angenommen wie die Förderung von anemochoren Pflanzen, wie Löwenzahn, Bocksbart, Weidenröschen, Greiskraut (HOHLA u.a. 1998). Direkte Einflüsse des Luftzuges sind bis zu einem Abstand von 3,5m feststellbar. In 7m Abstand hat der Luftzug vorübergehenden Einfluss auf das Pflanzenwachstum, der allerdings im weiteren Wachstumsverlauf kompensiert werden kann (ODZUCK 1978). Durch die Windstöße werden bis in einem Abstand von 7m Therophyten und Geophyten gegenüber Hemikryptophyten sowie sommergrüne Arten gefördert. Pflanzen auf dem Oberbau neigen dort zu starker Verzweigung und Kleinwüchsigkeit, wo direkte mechanische Beanspruchung durch den Zugverkehr besteht (REPP 1958).

2.7 Pflanzen und Pflanzengesellschaften: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

- a) Hinweise für die Kartierung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen
 - Insbesondere bei der Wiederaufnahme der Nutzung bisher nicht oder minder genutzter Bahnhofsf lächen ist eine Beeinträchtigung wertvoller Pflanzenbestände nicht ausgeschlossen. Auf Bahndämmen ist vor allem dann mit wertvollen Beständen zu rechnen, wenn Relikte früherer Nutzungsformen direkt an die Bahnanlage anschließen. Im Normalfall kann bei Bahndämmen von einer Vegetation mittlerer Bedeutung ausgegangen werden.
- b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen
 - Bei der Bewertung der Auswirkungen auf Pflanzenbestände ist die Nachhaltigkeit der Beeinträchtigung einzubeziehen. Bei den an die ständige Nutzung von Bahnanlagen angepassten Pflanzenbeständen ist davon auszugehen, dass sie auch auf den ausgebauten bzw. erneuerten Strecken in ähnlicher Form wieder auftreten.
 - Eine schleichende Nutzungsextensivierung entlang von Bahnanlagen kann zwar bei bestehenden Anlagen häufig festgestellt, für neu- oder ausgebaute Anlagen aber nicht sicher prognostiziert werden.
 - Bis zu 3,5m (maximal 7m) Abstand vom Gleis treten Veränderungen im Wachstum von Pflanzen durch Verwirbelungen und Sog auf. Diese dürften jedoch i.d.R. nicht als erhebliche Beeinträchtigung anzusprechen sein.
 - Auswirkungen der Herbizidanwendung auf angrenzende Pflanzenbestände sind vermutlich bis 4m von der Gleisachse aus anzunehmen. Bei Strecken mit fester Fahrbahn findet keine Anwendung von Pflanzenschutzmitteln statt.

- Blattherbizide können bei Störfällen zu einer Beeinträchtigung von Wasserpflanzen führen.
- Es sind kaum signifikante Schwermetallanreicherungen in Pflanzen entlang der Strecke zu erwarten.
- Auswirkungen auf die Umgebungsvegetation durch Staub sind nicht zu erwarten.
- Auswirkungen durch Kalk auf entsprechend empfindliche Lebensräume sind nicht auszuschließen.
- In Lebensräumen mit durchschnittlicher Nährstoffversorgung kann ein Einfluss des Mülls und der Fäkalien auf die Zusammensetzung Umgebungsvegetation bis 7m angenommen werden. Dieser Wert kann nicht auf die Lebensgemeinschaften nährstoffarmer Standorte übertragen werden. Emissionen von Müll kommen nicht bei allen Zugtypen vor, Emissionen von Fäkalien sind mittelfristig ausgeschlossen (siehe Kap.1).

c) Hinweise zu Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen

- Bei Neu- und Ausbaumaßnahmen, die an Heiden, Moore oder ähnlich empfindliche Lebensräume angrenzen, ist der Aufbau des Damms so durchzuführen, dass Kalkausschwemmungen ausgeschlossen werden.
- Die grundsätzliche Ablehnung von Kompensationsmaßnahmen entlang von Straßen wurde auch auf den Schienenverkehr übertragen. Die angeführten Untersuchungen machen deutlich, dass die Emissionen in die Umgebung wesentlich geringer sind als im Straßenverkehr. Da Bahndämme auf Grund ihrer klimatischen Besonderheiten, der geringen Störung durch Menschen und Tritt ein hohes Standortpotential aufweisen, sollte anhand geeigneter Fälle unter wissenschaftlicher Begleitung geprüft werden, ob und ggf. ab welchem Abstand sich wertvolle Pflanzengemeinschaften entwickeln lassen. Hierzu ist ein zielgerichteter Aufbau des Dammkörpers erforderlich.

3. Bahnspezifische Auswirkungen auf Säugetiere durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

3.1 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsflächen

Die Erhebung von Säugetierlebensräumen und -populationen sowie die Prognose von Lebensraumverlusten außerhalb von Bahnanlagen kann nach den üblichen Standards erfolgen. Für die Prognose der Lebensraumverluste durch Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsflächen ist die Frage zu klären, inwieweit Bahnanlagen Lebensräume für Säugetiere darstellen können.

Vegetationsreiche und gehölzbestandene Bahndämme stellen Rückzugsräume für Hasen, Rehe und Kleinsäuger dar. Grasige Bestände direkt neben oder zwischen den Gleisen werden von Mäusen aufgesucht. Verstreutes Ladegut (Getreide) lockt neben Mäusen auch Hamster an. Ständig wasserführende Durchlässe mit Mauerwerk, auch solche von in Betrieb stehenden Bahnanlagen, sind gut frequentierte Winterquartiere von zahlreichen Fledermausarten. Es ist zu vermuten, dass windgeschützte Trassenlagen Jagdhabitats für Fledermäuse darstellen.

Systematische Untersuchungen zur Nutzung von Bahnanlagen als Säugetierlebensraum liegen nicht vor. LÖSEKRUG (1982) weist darauf hin, dass sich Kleinsäuger in Vegetationsbeständen im Gleis aufhalten. Aus den Beobachtungen zum Vogelschlag lässt sich indirekt ableiten, dass sich Kleinsäuger regelmäßig auf dem Gleis aufhalten, da Eulen ihre Suchflüge in geringer Höhe direkt über dem Gleis durchführen. Nach Einschätzung von MENZ (2003) wimmelt es auf dem Bahndamm vor Mäusen. Der vegetationsreiche und kaum gestörte Böschungsbereich dient diversen Säugetieren als Ruheraum (JÖHNK 2001). HAVLIN (1989) spricht Bahnböschungen als Lebensraum für den Hasen eine hohe Bedeutung zu. Sofern ausgestreutes Ladegut zu finden ist, begeben sich z.B. auch Hamster zur Nahrungssuche auf das Gleis (WALTER mdl. 2003). In Einzelfällen wurden Eisenbahndämme von Kaninchen oder Dachsen unterhöhlt.

In Hinblick auf Fledermäuse liegen ebenfalls keine systematischen Untersuchungen vor. VOLLMER & RACKOW (2002) äußern die Vermutung, dass windgeschützte Streckenabschnitte als Jagdhabitat genutzt werden. BRINKMANN (2003 mdl.) beobachtete eine Wimpernfledermaus, die eine gehölzgesäumte Bahnstrecke als Leitstruktur nutzte. Die Bedeutung von Wasserdurchlässen und Wegunterführungen, sofern es sich um alte Bausubstanz mit Kleinstrukturen handelt, wurde für eine stillgelegte Bahnlinie von HÜBNER (2000) belegt. Aber auch die Erschütterungen und Lärmbelastung auf in Betrieb stehenden Bahnanlagen schrecken Fledermäuse nicht ab: Insbesondere längere, ständig wasserführende Durchlässe mit unverfugtem Mauerwerk bieten wichtige Winterquartiere für zahlreiche Fledermausarten. Von solchen Vorkommen wird aus Brandenburg, Nordrhein-Westfalen und Baden-Württemberg berichtet (TRAPPMANN mdl. 2004). VOLLMER & RACKOW berichten über die Nutzung eines Tunnels.

3.2 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Die häufig geringere Nutzungsintensität entlang von Bahnanlagen dürfte sich positiv auf den Strukturreichtum und die Biotopqualität für Säugetiere auswirken. Die Rückschnittmaßnahmen führen zu einem verbesserten Nahrungsangebot, das von diversen Säugetieren auch im Nahbereich der Trasse genutzt wird. Allerdings bestehen entlang von Bahnanlagen erhöhte Anforderungen an die Standsicherheit von Bäumen, so dass stehendes Totholz hier nicht toleriert wird. Dies kann ggf. zur Zerstörung der Quartiere baumbewohnender Fledermäuse führen.

RHIGETTI & MALLI (2004) stellen ein verbessertes Nahrungsangebot durch Freischnittmaßnahmen fest. In der Folge äßen Säugetiere auch in unmittelbarer Trassennähe.

3.3 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren im Umfeld von Bahnanlagen

Zu dieser Thematik liegen keine Erkenntnisse vor.

3.4 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Barrierewirkung, Fallenwirkung, Individuenverlust auf Bahnanlagen

3.4.1 Individuenverlust/ Fallenwirkung

Während die absoluten Verluste an Säugetieren im Straßenverkehr deutlich höher liegen, werden auf den Streckenkilometer bezogen oft höhere Werte für den Schienenverkehr festgestellt. Die Intensität der Erfassung verschiedener Artengruppen schwankt bei Untersuchungen zu Säugetieren erheblich, da die Kollisionen mit großen Huftieren schon wegen der Unfallschäden häufig erfasst werden, Ergebnisse zu Kleinsäugetieren dagegen fast völlig fehlen. Für Huftiere und Raubtiere sowie die Bahnanlage als Teillebensraum nutzende Säuger (Hasen, Kaninchen) kann eine hohe Mortalitätsrate als gesichert gelten. In Bezug auf Fledermäuse können hohe Kollisionszahlen zwar nicht ausgeschlossen werden aber auch nicht belegt werden. Art und Abstand der Vegetation zur Trasse scheint einen erheblichen Einfluss auf die Opferzahlen zu haben. Weiterhin gelten Strecken mit intensivem Nachtverkehr, hohen Geschwindigkeiten, Kurven etc. als besonders gefährlich. Nahrung auf der Trasse, wie ausgestreutes Getreide (Ladegut) oder nicht geräumtes Aas kann das Kollisionsrisiko erhöhen. In Bezug auf Schutzmaßnahmen für Huftiere wurden gute Erfahrungen mit Zäunen gemacht, so lange diese regelmäßig auf ihre Funktionstüchtigkeit überprüft werden und keine Einwanderung in den umzäunten Bereich zulassen. Weiterhin werden Rückschnitt- und Rodungsmaßnahmen empfohlen, um die Sichtverhältnisse zu verbessern. Andere Maßnahmen, wie Duftabschreckung, Licht etc. brachten dagegen keine erkennbare Reduzierung der Opferzahlen.

Systematische Studien zu Bahnkollisionen wurden von HAVLIN (1987), JÖHNK (2001) und SCV (1996) durchgeführt.

Tabelle 7: Kollisionen von Säugetieren im Schienenverkehr

	HAVLIN (1987)	JÖHNK (2001)	SCV (1996)
Opfer/ Strecken- km/ Jahr	0,47	1,6	14,6
<i>Haustiere</i>		16%	38%
<i>Nagetiere</i>	81 %		18%
<i>Huftiere</i>		50%	14%
<i>Raubtiere</i>			20%
<i>Fledermäuse</i>	/	/	/
<i>Mäuse</i>		>1%	
<i>Fuchs</i>		4%	8%
<i>Hase</i>	81%	20%	10%
<i>Igel</i>		2%	> 1%
<i>Mader</i>		3%	8%
<i>Wildkatze</i>			4%
<i>Wildschwein</i>			7%

Die extreme Bandbreite der Daten erschwert die Interpretation. Möglicherweise sind für die Abweichungen unterschiedliche naturräumliche Voraussetzungen ausschlaggebend. Die methodischen Angaben legen jedoch eher den Schluss nahe, dass die Zahl der in den Studien aufgeführten Kollisionsopfer mit der Intensität der Nachsuche korreliert.

¹ Anmerkungen zu den Untersuchungsmethoden siehe unter Kap. 4 Vögel

In der Schweiz wurden für das Jahr 1998 die tödlichen Kollisionen von Bahn und Straße erfasst. Es wurden 8213 **Rehe** durch den Straßenverkehr und 563 Rehe durch den Bahnverkehr getötet; bei **Hirschen** stehen 339 tote Exemplare auf der Straße 91 Kollisionen auf der Schiene gegenüber (BUWAL 2001). Absolut bildet demnach der Straßenverkehr ein weit höheres Gefährdungspotential, was nicht überrascht, da Schienenwege nur 7% des Verkehrsnetzes einnehmen. Berechnet man die Verluste im Vergleich für den Bahn- bzw. den Straßen-km, ergeben sich für das Reh fast identische Ergebnisse. Für Hirsche sind die Verluste pro Bahn-km dagegen fast 4x so hoch wie pro Straßen-km (BUWAL 2001).

VAN DER GRIFT & KUIJSTERS (1998) geben für die Niederlande die höchsten Opferzahlen für **Fuchs**, **Dachs** und andere Raubtiere an. Auch **Hasen** und **Kaninchen** werden demnach häufig betroffen. **Huftiere** nehmen im Gegensatz zu anderen Quellen dagegen eine untergeordnete Stellung ein. In Slowenien wurde registriert, dass 30% der Verkehrsoffer unter den **Braunbären** dem Bahnverkehr zum Opfer fiel, obwohl Schienenstrecken nur 7,5 % der Verkehrsinfrastruktur ausmachen (ROTAR & ADAMIC 1997).

Eine relativ gute Datenbasis ist hinsichtlich der Kollision mit Großsäugern, insbesondere Huftieren gegeben, da diese häufig Schäden an Fahrzeugen anrichten und sich dadurch in entsprechenden Unfallstatistiken niederschlagen. COST (2000a) stellt für Frankreich fest, dass die Mortalität von Huftieren an Bahnstrecken eingeschlossen der Hochgeschwindigkeitsstrecken relativ niedrig ist. Als besonders betroffen gelten **Hirsch** und **Wildschweine**. Dazu ist anzumerken, dass in Frankreich ein weit größerer Teil des Streckennetzes eingezäunt ist als in Deutschland. Dagegen kommt COST (2000b) für Norwegen zum Ergebnis, dass unter Berücksichtigung der Streckenlänge und Fahrzeugfrequenz der Zugverkehr als wesentlich gefährlicher angesehen werden muss, da bezogen auf den Kilometer fast fünf mal mehr Jagdwild zu Tode kommt als auf Staatsstraßen. COST (2000c) berichtet, dass im Jahr 1977 der Bahnverkehr für 16% der Todesfälle beim **Wolf** verantwortlich war, der Straßenverkehr dagegen für 27%, obwohl das überregionale Straßennetz in Schweden mehr als 6,5 mal so lang ist, wie das Schienennetz. Beim **Luchs** ist die Gefährlichkeit des Zugverkehrs weniger ausgeprägt: 13% der registrierten Todesfälle zwischen 1995 und 1998 gingen auf das Konto des Straßenverkehrs, 2,4% zu Lasten der Bahn. COST (2000d) berichtet von 100 toten **Dachsen** innerhalb von drei Monaten an einer neu elektrifizierten Strecke. Die Elektrifizierung fand durch ein offenes Bodenkabel statt. Der Vorfall zeigt die Gefährlichkeit dieser technischen Variante, die allerdings in Deutschland unüblich ist.

Zahlreiche systematische Untersuchungen lassen sich jedoch nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen, da sie Arten betreffen, die hier nicht oder allenfalls in entlegenen Gebieten vorkommen. Dies gilt für **Braunbären** (ROTAR & ADAMIC 1997), **Grizzlys** (Gibeau & Herrero 1998) **Elche** und **Rentiere** (ANDERSEN 1991, JOHANSSON & LARSSON 1999, GROOT BRUINDERINK & HAZEBROEK 1996) sowie andere nordamerikanische Raub- und Huftiere (WELLS u.a. 1999).

Die Kenntnisse in Bezug auf die Sterblichkeit von **Kleinsäugern** (Mäuse etc.) müssen als mangelhaft gelten. Alle Autoren weisen darauf hin, dass sowohl die Suche nach Kadavern als auch Kollisionsmeldungen durch Zugpersonal diese Säugetiergruppe methodisch nicht erfasst oder allenfalls als Zufallsfunde einfließen lässt (so z.B. WOODS & MONRO 1996, SCV 1996). Von ostdeutschen Bahnabschnitten wird berichtet, dass auf der Trasse nach Getreidekörnern suchende **Hamster** in erheblichen Mengen getötet wurden (WALTER mdl. 2003). Auch zu **Fledermäusen** ist die Datenlage ausgesprochen dünn, was angesichts der wachsenden Bedeutung dieser Artengruppe im Naturschutz und der durch die FFH-Richtlinie verschärften Schutzbestimmungen bedauerlich ist. HAENSEL & RACKOW (1996) führen Einzelberichte über mit Zügen kollidierte Fledermäuse (Mausohr, Wasserfledermaus, Graues Langohr, Zwergfledermaus) auf und vermuten im Bahnverkehr ähnlich hohe Mortalitätsraten wie im Straßenverkehr. Auch VOLLMER & RACKOW (2002) geben einen Einzelfund wieder und begründen ihre Vermutung, nach der mit hohen Opferzahlen im Bahnverkehr gerechnet werden muss. Die von den genannten Autoren ausgeführten Annahmen sind plausibel. Es ist jedoch anzumerken, dass die systematischen Untersuchungen zu Vögeln und Säugetieren an diversen Strecken keine Funde aus der Artengruppe der Fledermäuse ergeben haben, obwohl z.B. auch zahlreiche Singvogelkadaver erfasst wurden. Dafür können zwar auch methodische oder landschaftliche Besonderheiten verantwortlich sein, doch bleibt festzuhalten, dass eine hohe Mortalitätsrate unter Fledermäusen durch Kollisionen bisher in keiner Weise belegt ist.

Es wurde festgestellt, dass bestimmte Streckenabschnitte eine höhere Opferzahl aufwiesen („Black spots“). Als besondere Risikofaktoren gelten hohe Geschwindigkeit (Züge über 140 km/h verursachen die meisten Unfälle), Kurven, Beschleunigungsstrecken, Tunnel, Nachtverkehr, neue Infrastruktur in bisher unbelasteten Gebieten, Art und Abstand der Vegetation an der Strecke, regelmäßiger Ladeverlust von Getreide. Haustiere verunglücken besonders im Siedlungsbereich (SCV 1996, WELLS u.a. 1999). Der Gleisbereich ist durch den Zugwind von Schnee freigeräumt, was erklärt, warum zahlreiche Quellen eine besonders hohe Sterblichkeit in den Wintermonaten angeben (WOODS & MONRO 1996, ANDERSEN 1991), was übrigens von der Sterblichkeitsverteilung im Straßenverkehr abweicht.

Strittig ist die Wirksamkeit von Einzäunungen: Während für Rentiere und Elche in Nordschweden die Kollisionen durch funktionsgerechte und gewartete Einzäunungen mehr als halbiert werden konnten (JOHANSSON & LARSSON 1999), sehen andere Autoren diese Maßnahmen kritischer, da einmal in der Umzäunung gefangene Tiere in Panik geraten und vor den Zug laufen. Weiterhin wird die verstärkte Zerschneidung thematisiert (COST 2000d). COST (2001) schlägt als Konvention vor, Zäune auf Gefahrenbereiche zu beschränken. Die Umgebungsvegetation scheint erheblichen Einfluss auf die Kollisionswahrscheinlichkeit zu haben, so dass Bereiche, in denen die Vegetation dicht an die Trasse reicht, erhöhte Unfallzahlen aufweisen und Rückschnittmaßnahmen hier eine deutliche Entlastung von 40-72% bringt (GROOT BRUINDERINK & HAZEBROEK 1996, JOHANSSON & LARSSON 1999, WELLS u.a. 1999). Diese Feststellung wird indirekt durch RHIGETTI & MALLI (2004) gestützt, die an Abschnitten mit guter Deckung in Trassennähe häufiger Wildwechsel feststellten. Entscheidend ist eine sogenannte „Sichtrodung“, die den Tieren die Wahrnehmung der Züge bei Verlassen der Deckung aber vor Überqueren der Gleise ermöglicht. Deutlich wird jedoch in allen Arbeiten, dass die einzelnen Faktoren artspezifisch wirken, also auf verschiedene Arten unterschiedliche Wirkung haben. Die Wirksamkeit von Licht- oder Duftabschreckungen konnte dagegen nicht nachgewiesen werden (JOHANSSON & LARSSON 1999). Empfohlen wird weiterhin die rasche Räumung von Kadavern von der Strecke, die Vermeidung des Eintrags von Getreide (ausstreuendes Ladegut) durch WELLS u.a. (1999).

3.4.2 Barrierewirkung auf Säugetiere durch Bahnverkehr

Eingleisige Bahnanlagen stellen für zahlreiche Säugetiere keine gravierende Barriere dar. Viergleisige Strecken sind dagegen für zahlreiche Arten wie z.B. Rehe oder Dachse eine absolute Barriere und werden nur noch von wenigen Arten (z.B. Wildschwein oder Fuchs) problemlos gequert. Bei zwei- oder dreigleisigen Strecken entscheidet die Zugfrequenz über die Zerschneidungswirkung. Die Überquerung der Bahnanlage kann weiterhin durch Zäune, Lärmschutzwände, o.ä. verhindert werden. Zur Barrierewirkung auf Kleinsäuger liegen keine Untersuchungen vor, doch deutet die intensive Nutzung des gesamten Trassenkörpers durch Nagetiere auf eine geringe Barrierewirkung hin.

Der Ausbau von Bahnanlagen kann deren Barrierewirkung stark erhöhen bzw. erstmalig zu einer nennenswerten Barrierewirkung führen.

Der Barriereeffekt auf Säugetiere wird bisher vor allem in Bezug auf Straßen untersucht (RODRIGUEZ u.a. 1996). Generell wird angenommen, dass Wildtiere die Überquerung von Infrastruktureinrichtungen nach Möglichkeit vermeiden (WOODS & MUNRO 1996). Die oben geschilderten Unfallzahlen machen jedoch im Umkehrschluss deutlich, dass Überquerungen der Trassen in erheblichen Umfang stattfinden. RODRIGUEZ u.a. (1997 und 1997) konnten für Wildkatze, Fuchs und Steinmarder eine regelmäßig Querung einer Hochgeschwindigkeitsstrecke außerhalb der Durchlässe feststellen.

RHIGETTI & MALLI (2004) stellten fest, dass eingleisige Strecken von den untersuchten Säugetieren (Rehe, Wildschwein, Rotwild, Dachs, Fuchs) meist problemlos gequert werden, während dies bei viergleisige Bahnstrecken nur noch wenigen Arten (Wildschwein, Fuchs) möglich ist. Bei zwei- oder dreigleisigen Strecken kommt der Zugfrequenz für die Prognose der Zerschneidungswirkung eine erhebliche Bedeutung zu. Der Schwellenwert liegt bei etwa 15 Zugbewegungen/ Stunde. Wie die Autoren am Beispiel der ICE- Hochgeschwindigkeitsstrecke Hannover-Würzburg feststellten, bildet die Zuggeschwindigkeit im Gegensatz zur Frequenz keinen wesentlichen Prognoseparameter in Hinblick auf die Barrierewirkung.

COST (2001) geht davon aus, dass Eisenbahnanlagen für Mäuse eine starke Barriere darstellen. Dies darf bis zur Durchführung gattungsspezifischer Untersuchungen bezweifelt werden. Tatsächlich fußt diese Aussage lediglich auf die Überlegung, dass die Barrierewirkung von Eisenbahnanlagen auf nicht flugfähige Tiere negativ mit der Größe der Tierart korreliert ist. Diese generelle Annahme ist jedoch unhaltbar, da kleine Tiere (Amphibien, Reptilien) Bahnstrecken ohne Probleme überqueren, während diese z.B. für Rehe eine Barriere darstellen können. Von Hamstern wird berichtet, dass diese die Gleise zur Nahrungssuche aufsuchen (WALTER mdl.). MENZ (2003) stellt fest, dass es im Gleis „vor Mäusen wimmelt“. Die Suchflüge von Eulen über dem Gleis sind ohne die häufige Anwesenheit von Kleinsäugetern auf dem Schotterkörper nicht erklärbar. Eine unmittelbare Besiedlung des gesamten Oberbaus kann mit dessen Querbarkeit gleichgesetzt werden.

COST (2001) geht davon aus, dass Eisenbahnanlagen für Marder, Igel und Eichhörnchen nur eine schwache Barriere darstellen.

COST (2000d) berichtet über eine hohe Sterblichkeit von Dachsen nach der Elektrifizierung (s.o.). Daraus kann indirekt geschlossen werden, dass diese Bahnstrecke vor der Elektrifizierung durch Dachse dieser Population regelmäßig problemlos überquert werden konnte.

*COST (2000d) führt an, dass Bahnanlagen für Großwild eine bedeutendere Barriere darstellen, da sie meist eingezäunt sind. So bildete die Bahnlinie durch den New Forest in New Hampshire lange Zeit die nördliche Ausbreitungsgrenze für den eingeführten *Cervus nippon*. Die Aussagen lassen sich nicht ohne weiteres auf deutsche Verhältnisse übertragen, da hiesige Bahnstrecken meist nicht eingezäunt sind.*

3.5 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Nichtstoffliche Einwirkungen (Lärm, Erschütterungen, Optische Reize, Anwesenheit von Menschen, Licht, Olfaktorische Reize) im Umfeld von Bahnanlagen

Bahnstrecken sind wenig betretene Bereiche, die häufig auch von dichter Vegetation begleitet werden. Sie werden von einigen Arten als Ruheraum genutzt (JÖHNK 2001). Störungen durch die Anwesenheit von Menschen sind im Vergleich zur umgebenden Kulturlandschaft als unterdurchschnittlich einzustufen. Die Nutzung von bahnbegleitenden Vegetationsbeständen als Ruheraum schließt nicht grundsätzlich aus, dass diese Arten auch empfindlich auf den Bahnlärm und die Erschütterungen reagieren. Sofern Beeinträchtigungen durch diese nichtstoffliche Einwirkungen bestehen, sind sie jedoch offenbar so geringfügig, dass sie durch die hohe Biotopqualität überlagert werden und den bevorzugten Aufenthalt entlang von Bahnanlagen nicht verhindern. Aussagen zur Beeinträchtigung von Säugetieren durch sonstige bahnspezifische nichtstoffliche Einwirkungen sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich.

COST (2000e) vermuten spürbare Auswirkungen des Bahnlärms auf Huftiere, ohne dies durch Feldstudien zu belegen. Auswirkungen durch Erschütterungen auf Säugetiere können nicht prognostiziert werden. Die von Zügen ausgehenden hochfrequenten Geräusche (Schwingung der Oberleitung, etc.) liegen außerhalb der von Fledermäusen zur Ortung genutzten Frequenzspektren (MARSCHOLLEK brfl.). Störungen der Ortung sind demnach nicht zu erwarten. RHIGETTI & MALLI (2004) stellten allerdings eine erhebliche Störwirkung durch Bauarbeiten fest.

3.6 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

Aussagen zur Beeinträchtigung von Säugetieren durch bahnspezifische stoffliche Einwirkungen sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich. Auf Grund der unter Kap.1 geschilderten bahnspezifischen Emissionen wird jedoch vermutet, dass solche Beeinträchtigungen nicht oder nur in geringem Umfang auftreten.

Die auf Bahnanlagen eingesetzten Herbizide werden darauf hin überprüft, ob sie für Nutztiere schädlich sein können, die zu einem großen Teil zur Gruppe der Säugetiere zählen. Gravierende Auswirkungen sind nicht zu erwarten. Die Untersuchung zu Schwermetallen in entlang der Bahn wachsenden Pflanzen hat bescheidene Ergebnisse erbracht, die sich kaum von der Grundbelastung abhoben, so dass Auswirkungen auf pflanzenfressende Säugetiere auch durch diese Stoffgruppe unwahrscheinlich sind.

3.7 Säugetiere: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Verwirbelung und Sog von Zügen könnte die Sterblichkeit von Kleinsäugetern und Fledermäusen verursachen oder steuern. Beeinträchtigungen von Säugetieren durch bahnspezifische mechanische Einwirkungen sind nicht erkennbar.

3.8 Säugetiere: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

a) Hinweise für die Tierartenerfassung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen

- Bahnanlagen stellen für Säugetiere (mit Ausnahme der Fledermäuse) in der Regel einen Lebensraum von mittlerer Bedeutung dar. Bei der Bestandserhebung kann von einem Artenbestand mittlerer Bedeutung ausgegangen werden.
- In ausgeräumten Landschaften ist davon auszugehen, dass vegetationsreiche Bahndämme wichtige Rückzugsräume für Säugetiere darstellen.
- Die Datengrundlage in Bezug auf Fledermäuse ist ungenügend. Da es sich bei den meisten heimischen Fledermausarten um streng geschützte Arten handelt, sind Grundlagenerhebungen dringend erforderlich.
- Bei Ausbaumaßnahmen an Bahnanlagen mit alter Bausubstanz, die für Fledermäuse geeignete Verstecke aufweisen können, wird die Kartierung dieser Artengruppe empfohlen.

b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

- Gesicherte Prognosen zur Mortalität von Fledermäusen durch Kollisionen sind derzeit nicht möglich. Nach derzeitigen Kenntnisstand kann eine Gefährdung nur vermutet werden.
- Es ist zu prüfen, ob durch neue oder ausgedehnte Sicherheitsbereiche entlang von Bahnanlagen Fledermausquartiere in altem Baumbestand beeinträchtigt wird.
- Insbesondere bei neuen Bahnstrecken ist von einer erheblichen Beeinträchtigung durch Kollisionen mit Säugetieren auszugehen.
- Eine Erhöhung der Kollisionsrate bei Geschwindigkeitserhöhungen ist zu vermuten aber auf Grundlage des derzeitigen Kenntnisstandes nicht zu quantifizieren.
- Bei einer Zunahme oder erstmaligen Aufnahme von Nachtverkehr ist mit einer Erhöhung der Kollisionsrate zu rechnen.
- Bahnanlagen stellen für die meisten Säugetiere keine absolute, aber eine graduelle Barriere dar, deren Zerschneidungswirkungen sich durch Ausbaumaßnahmen (neue Gleise) erhöhen können.
- Eine Erhöhung der Frequenz auf zwei- oder dreigleisigen Strecken, die zu einer Zugdichte von über 15 Zugbewegungen/h führt, erhöht die Zerschneidungswirkung.

c) Hinweise zu Vermeidungsmaßnahmen

- Einzäunungen können eine punktuelle Maßnahme gegen Säugetierkollisionen darstellen, wenn die regelmäßige Wartung sicher gestellt ist.

- Als Maßnahme gegen Säugetierkollisionen kommen auch Rückschnittmaßnahmen und Rodungen von dicht an der Trasse stockenden Gehölzen in Frage.
- Sonstige Abschreckungsmaßnahmen weisen keine gesicherte Wirkung auf.
- Alle Gestaltungs-, Vermeidungsmaßnahmen etc. entlang der Trasse sind darauf hin zu überprüfen, ob sie die Einsehbarkeit der Trasse für querende Tiere vermindern und dadurch das Kollisionsrisiko erhöhen.
- Zu den Querungshilfen kann auf die inzwischen umfangreiche Literatur aus dem Straßenbau zurückgegriffen werden. Es ist jedoch festzuhalten, dass die meisten Säugetiere (anders als einzelne Arten) für ein- oder zweigleisige Strecken Querungshilfen nicht benötigen. Diese sind aber dann angezeigt, wenn die regelmäßige Überquerung zu einer hohen Mortalität führen würde, die in der Folge auch andere Tiergruppen (Greifvögel) in Mitleidenschaft ziehen könnte. Weiterhin lassen sich Querungshilfen begründen, wenn der Ausbau zu mehrgleisigen Strecken erfolgt oder Schienenwege in Bündelung mit anderen Verkehrswegen angelegt werden.

4. Bahnspezifische Auswirkungen auf Vögel durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

4.1 Vögel: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsanlagen

„Auf Bahnanlagen findet Natur nicht statt!“ Diese von Bahnmitarbeitern häufig vertretene Auffassung lässt sich vor allem in faunistischer Hinsicht nicht halten. Tatsächlich können bestimmte Anlagenteile bedeutende Lebensräume darstellen. Die Feststellung, für welche Artengruppen eine hohe Lebensraumeignung von Bahnbetriebsflächen gegeben ist, erleichtert die Festlegung des Untersuchungsrahmens für Ausbaumaßnahmen. Auch erste Aufschlüsse über die Empfindlichkeit bestimmter Artengruppen gegenüber bahnspezifischen Wirkfaktoren werden möglich.

Bahnanlagen bilden Lebensräume bzw. Teillebensräume für diverse Vogelarten. Die Randstrukturen (Gehölze am Bahndamm, Steinhäufen, zugewucherte Entwässerungsgräben, extensiv genutzte Übergangsbereiche zur Umgebung etc.) werden vor allem von Singvögeln, aber auch von anderen Arten, wie z.B. dem Rebhuhn genutzt. Die Oberleitungen werden als Balzplatz angenommen. Die eigentliche Bahntrasse dient einigen Arten als Nahrungshabitat. Dies gilt für Greifvögel und Eulen, die auf der Bahntrasse offenbar Kleinsäuger jagen, aber auch die Leitungsmasten und Signale als Ansitzwarten nutzen, Grünspecht (Insekten auf dem Randweg) sowie Hühnervögel, die auf der Bahntrasse verstreutes Ladegut (Getreide) suchen. Bahntrassen gehören in schneereichen Wintern zu den wenigen schneefreien Bereichen der Landschaft und werden daher besonders intensiv von Greifvögeln aufgesucht.

Bahnanlagen stellen in ausgeräumten und intensiv genutzten Landschaften bereichernde Elemente für die Avifauna dar. Möglicherweise kann die Bedeutung für solche Arten, die auf breite Saumstrukturen angewiesen sind, beträchtlich sein. Gelegentlich sind auch seltene Arten zu beobachten. Im wesentlichen nutzen jedoch vor allem Ubiquisten die Bahnanlagen. Ihre Bedeutung für die Avifauna wird nachhaltig durch die hohen Verkehrsofferzahlen in Frage gestellt, die in fast allen Studien ein besorgniserregendes Niveau erkennen lassen. Ungeklärt sind weiter die negativen Folgen des Zuglärms für den Bruterfolg. Die Nutzung der Trasse als Nahrungshabitat, speziell als Jagdrevier trägt besonders zur Gefährdung der Vögel bei.

HAVLIN (1987) stellte anhand einer systematischen Untersuchung an Bahnstrecken auf über 300 km in einer tschechischen Agrarlandschaft fest, dass Bahnanlagen in ausgeräumten Landschaften ein avifaunistisch bedeutsamer Lebensraum sind. Dafür machte er vor allem die Gehölze auf dem Bahndamm verantwortlich. Die Untersuchung macht deutlich, dass sich vor allem Ubiquisten diese Struktur zunutze machen. Die Brutvogeldichte entlang von Bahnstrecken war signifikant höher als an Straßen. Auch TIETZ (1978) stellte in den Hecken auf den Bahndämmen zahlreiche Singvögel fest. Er hebt neben den Hecken besonders die Saumstrukturen und Staudenfluren hervor. COCHET CONSULT (2003) stellte fest, dass die Brutvogeldichte von bahnbegleitenden Hecken verglichen mit ähnlich strukturierten bahnfernen Hecken deutlich geringer war, und führte das auf Störungen aus dem Bahnverkehr zurück.

Bemerkenswert ist das häufige Auftreten des Rebhuhns am Bahndamm, hier besonders in den Staudenfluren (HAVLIN 1987, TIETZ 1978, MENZ 2003). LÖSEKRUG (1984) bestätigt dies für die Wintermonate. Die Entwässerungsgräben können Brutplatz des Sumpfrohrsängers werden. Kleinstrukturen am Bahndamm (Lesesteinhäufen) bilden Lebensräume für weitere Arten wie z.B. Steinschmätzer. Auch der Wendehals wurde festgestellt. (TIETZ 1978). Die Saumstrukturen direkt im Anschluss an das Gleis werden von der Feldlerche als Brutplatz genutzt. Die Bachstelze sucht den Gleisbereich gezielt auf und jagt hier Insekten (MENZ 2003). Grasige Bahndämme mit vereinzelt Gehölzen stellen potentielle Bruthabitate für Schwarzkehlchen und Braunkehlchen dar (MENZ 2003).

Auch rein technische Elemente werden genutzt: Der Ziegenmelker wurde in Spanien beim Wärmebad im Gleis beobachtet (SCV 1996). Nicht überraschend ist, dass der Grünspecht entlang der Bahnstrecken nach Nahrung sucht, da sich auf den sandigen Randwegen u.a. Ameisen finden (SCV 1996). Die Elster nistet offenbar häufiger in Stahlmasten entlang der Strecke (SCV 1996). Auch andere Singvögel nutzen Oberleitungsmasten und Quertraversen als Nistplatz (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001, MENZ 2003). Zahlreiche Singvögel suchen die Oberleitung als Sammel- und Balzplatz auf. Die Oberleitungsmasten werden als Ansitzwarte von Greifvögeln und anderen Vögeln angenommen MENZ (2003). Schleiereulen und Waldohreulen fliegen die Strecke vor allem zur Zeit der Schneeschmelze als Jagdbiotop an. Der unmittelbare Gleisbereich wird durch den Zugwind von Schnee meist freigeräumt und stellt besonders in schneereichen Wintern einen wichtigen Raum für die Nahrungssuche diverser Vögel dar, besonders wenn verstreutes Ladegut (Getreide) zu finden ist (LÖSEKRUG 1984, SCV 1996).

4.2 Vögel: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Da in Abhängigkeit von technischen Parametern der Bahnanlage die Gehölze in der Umgebung der Bahnanlage zurückgeschnitten werden müssen, werden mittelbar auch die Lebensräume von Vögeln betroffen. Entlang von Bahnanlagen bestehen erhöhte Anforderungen an die Standsicherheit von Bäumen, so dass stehendes Totholz hier nicht toleriert wird. Dies kann ggf. zur Beeinträchtigung von auf Altholz angewiesene Vogelarten führen.

In einigen Fällen nimmt die landwirtschaftliche Nutzungsintensität mit zunehmender Nähe zur Bahnanlage ab. Dies ist jedoch nach derzeitigem Kenntnisstand nicht mit ausreichender Wahrscheinlichkeit zu prognostizieren und muss daher bei den Wirkungsprognosen zum Bau neuer Trassen unberücksichtigt bleiben.

TULP u.a. (2002) stellten bei einer Untersuchung zu Wiesenvögeln fest, dass die Nutzungsintensität des Grünlandes mit zunehmender Nähe zur Bahnanlage sank, was zu einer messbaren Erhöhung der Biotopqualität für Wiesenvögel führte, die offenbar sogar die negativen Auswirkungen durch die Lärmbelastung kompensierte. Inwieweit sich diese Ergebnisse verallgemeinern lassen, kann nicht abschließend beurteilt werden. Doch überdauern extensive Nutzungsstrukturen häufig im Übergangsbereich zwischen Bahntrassen und dem landwirtschaftlichen Umfeld (BELER & KAIRIES 1992), so dass diese Feststellungen zumindest keinen Einzelfall betreffen dürften.

4.3 Vögel: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren im Umfeld von Bahnanlagen

Erkenntnisse zum Einfluss von bahnspezifischen Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren durch den Neu- oder Ausbau von Bahnanlagen liegen nicht vor.

4.4 Vögel: Beeinträchtigungen durch Barrierewirkung, Fallenwirkung, Individuenverlust auf Bahnanlagen

Kollisionen mit Zügen

Da die Anzahl der Fahrzeuge auch auf stark befahrenen Strecken deutlich niedriger liegt als die Zahl der Kraftfahrzeuge auf Hauptverkehrswegen, wäre ein geringeres Kollisionsrisiko zu erwarten. Die Untersuchungen zum Thema bestätigen diese Vermutung allerdings nicht. Im Gegenteil muss nach derzeitigem Kenntnisstand vermutet werden, dass die Kollisionsproblematik ein Feld darstellt, auf dem die negativen Auswirkungen des Zugverkehrs die des Straßenverkehrs (bezogen auf den Streckenkilometer, nicht in Hinblick auf das Gesamtnetz)

deutlich überwiegen. Offensichtlich scheint gerade die vergleichsweise geringe Zahl der Fahrzeuge auf Bahnstrecken Vögel zu einem riskanten Verhalten im Gefahrenbereich zu veranlassen, da diese den Zugverkehr nicht als Gefahrenquelle erkennen können.

Auf den Streckenkilometer bezogen ist die Mortalitätsrate im Schienenverkehr offenbar höher als im Straßenverkehr. Im Vergleich zur Gesamtindividuenzahl sind Eulen und Greifvögel überdurchschnittlich betroffen. Besonders gefährdete Arten sind:

- Bussard
- Schleiereule
- Steinkauz
- Seeadler

Die Untersuchungen lassen eine positive Korrelation zwischen der Zuggeschwindigkeit und Mortalitätsrate erkennen. Die höchsten Kollisionsraten wurden an Hochgeschwindigkeitsstrecken festgestellt. Die Mortalitätsrate ist dort besonders hoch, wo

- die Annäherung eines Zuges verdeckt wird (Kurven, dichter Gehölzbestand),
- die Geschwindigkeit nicht richtig eingeschätzt werden kann (Hochgeschwindigkeitsstrecken, Beschleunigungsstrecken),
- die Flucht behindert wird (Oberleitungen, dichter Gehölzbestand, enge seitliche Begrenzungen wie enge Einschnitte oder Seitenwände),
- regelmäßige Überflüge in niedriger Höhe stattfinden (Dammlagen, avifaunistisch bedeutsame Lebensräume in der Nähe) und
- Nahrung auf dem Bahnkörper aufgebracht wird (ausgestreutes Getreide/ Ladegut),
- Aas nicht geräumt wird und in der Folge Greifvögel anlockt oder
- auch nachts eine hohe Zugfrequenz auftritt.

Generell stellt der Bahnkörper ein attraktives Jagdhabitat für Greifvögel dar, dass ganzjährig genutzt wird. Im Winter ist er zuweilen das einzige schneefreie Jagdrevier. Artspezifische Verhaltensmuster tragen wesentlich zum Grad der Gefährdung bei.

Die Problematik der Vogelkollisionen kann als relativ gut untersucht gelten. Zentrale Fragen müssen jedoch noch nicht als abschließend geklärt gelten. Die Untersuchungen sind nachfolgend dargestellt. Die Kenntnisse über die Mortalität von Vögeln im Schienenverkehr speisen sich aus Untersuchungen, die grob zwei Methodentypen zugeordnet werden können. Zum einen gibt die Analyse der Wiederfunde beringter Vögel häufig auch Aufschluss über den Anteil der durch Züge getöteten Tiere. Diese Untersuchungen werden nicht in Hinblick auf den Schienenverkehr durchgeführt und erlauben Vergleich mit anderen Todesursachen, insbesondere der Mortalität im Straßenverkehr. Der zweite Methodentyp umfasst Studien, die zielgerichtet die Sterblichkeit der Avifauna an Bahnstrecken erfassen. Die beiden nachfolgenden Tabellen fassen für jeweils einen Methodentyp die Ergebnisse zusammen.

Tabelle 8: Vergleich der Mortalität im Schienen- und Straßenverkehr auf der Grundlage von Beringungsaktionen

B= Bahn S = Straße	BUWAL (2001)		EXO & HENNES (1980)		GLUE (1971)		OLSSON (1958)		STRUWE & JUHL (1997)	
	B	S	B	S	B	S	B	S	B	S
Land	CH		D/ NL/GB/DK		GB		S		Schleswig-Holstein	
erfasster Zeitraum	?		1903-1873		1910-1969		1925-1955		1980-1997	
Netzlänge in km	5041	55.934	z		16.000	369.000	15.000	97.000	1800	9887
Verhältnis Netzlänge in km	1:11				1:23 ³		1:6		1:5	
Uhu										
Totfunde abs.	?	?								
Anteil an Gesamtmortalität	15%	8%								
Höckerschwan										
Totfunde abs.	?	?								
Anteil an Gesamtmortalität	4%	2%								
Waldkauz										
Totfunde abs.	?	?			32	41				
Anteil an Gesamtmortalität	9%	33%			10%	13%				
Turmfalke										
Totfunde abs.	?	?								
Anteil an Gesamtmortalität	5%	25%								
Mäusebussard										
Totfunde abs.	?	?								
Anteil an Gesamtmortalität	9%	24%								
Schleiereule										
Totfunde abs.	?	?			35	38				
Anteil an Gesamtmortalität	11%	32%			11%	12%				
Steinkauz										
Totfunde abs.			9	42	19	24				
Anteil an Gesamtmortalität			3,6	16,7	10%	12%				
Sperber										
Totfunde abs.					1	5				
Anteil an Gesamtmortalität					1%	2%				
Silbermöwe (Larus argentatus)										
Totfunde abs.							2	2		
Anteil an Gesamtmortalität							1%	1%		
Seeadler										
Totfunde abs.									4	1
Anteil an Gesamtmortalität									19%	5%

Bahn = B; Straße = S

² freibleibend, da wegen des großen Zeitraumes und mehrerer betrachteter Länder nicht feststellbar
³ Streckenlängen zum Ende des Untersuchungszeitraumes

Der Vergleich zwischen den Mortalitätsraten durch Züge und denen durch KFZ macht deutlich, dass die Opferzahlen im Schienenverkehr deutlich höher liegen, als dies bei Vergleich der Streckenlängen beider Verkehrsträger zu erwarten wäre. Tatsächlich liegen die Daten teilweise gleichauf, obwohl das Straßennetz eine 10x höhere Netzlänge aufweist. GLUE (1971) merkt an, dass die verwendeten Daten wegen der schlechten Zugänglichkeit von Bahnanlagen nicht annähernd die tatsächliche Opferrate wiedergeben dürften. Während der Straßenverkehr damit absolut die größere Gefährdung darstellt, kann angenommen werden, dass bezogen auf den Streckenkilometer Schienenwege für einige Arten das höhere Risikopotential aufweisen.

GLUE (1971) weist darauf hin, dass Eulen nur 0,3% der im Straßenverkehr getöteten Vögel aber 35% der durch Schienenverkehr getöteten Vögel ausmachen. Er macht auch auf den Umstand aufmerksam, dass trotz der Abnahme des Schienennetzes in Großbritannien die Anzahl der Totfunde gleich blieb und führt das auf negative Auswirkungen durch die im gleichen Zeitraum erfolgte Erhöhung der Geschwindigkeit und Zugdichte zurück. VAN DER GRIFT & KUIJSTERS (1998) nennen den Bahnverkehr als zweitwichtigste Todesursache für den Bussard und den Turmfalken. LANGEMACH & SÖMMER (2001) stellten in Brandenburg innerhalb von 7 Jahren 22 tote Seeadler auf Bahnanlagen fest. Zum Seeadler existieren weitere Einzelbeobachtungen (SIEBER 1980). PONS & CLAESSENS (1993) berichten über die Analyse von Ringfunden in Frankreich zwischen 1912 und 1990, die ergab, dass nur 0,1 % der Gesamtmortalität dem Bahnverkehr zugerechnet werden musste, was den oben aufgeführten Untersuchungen widerspricht. Die Artenverteilung dieser Untersuchung ist jedoch recht aufschlussreich: Demnach machte die Schleiereule 50% der erfassten Bahnopfer aus, Singvögel 27%, Greifvögel 5%, Rabenvögel 5%, Enten 4% und Möwen 2%.

Tabelle 9: Vogelschlag durch Kollisionen im Bahnverkehr: Streckenbezogene Untersuchungen

Untersuchung:	HAVLIN (1987)	JÖHNK (2001)	BALDAUF (1988)	LÖSEKRUG (1982)		SCV (1996)		PONS (1994)	MENZ (2003)
Methodik:	Suche vom Randweg aus an gehölzbestandener Strecke	Beobachtung von Sichtpunkten, Begehung der Strecke, Beobachtung im Führerstand	Streckenbegehung	Streckenbegehung		Streckenbegehung und Befragung von Zugpersonal		Beobachtung im Führerstand	tägliche Streckenbegehung
Land	CSSR	D	D	D		E		F	D
Untersuchte Streckenlänge	314 km	15 km	17 k	12,5 km	9,5	3,32	0,4 km	12 000 km	6,7 km
Regelgeschwindigkeit auf der untersuchten Strecke	keine Angaben	keine Angaben	60 km/h	100-140	160 km/h	bis 140 km/h	250 km/h	>200 km/h	200 km/h (teilweise 120 bzw. 160 km/h)
Zugfrequenz	„einige“ – 40 Züge pro Tag	keine Angaben	keine Angaben	300-400/Tag		keine Angaben		/	160/Tag
Elektrifizierte Strecke	nein	keine Angaben	nein, aber streckenparallele Freileitung	ja		k.A.	ja	ja	ja
Anzahl der Gleise	überwiegend einspurig sowie Kreuzungsbereiche	keine Angaben	ingleisig	mehrgleisig mehrgleisig		k.A.	mehrgleisig	mehrgleisig	zweigleisig

Untersuchung:	HAVLIN (1987)	JÖHNK (2001)	BALDAUF (1988)	LÖSEKRUG (1982)		SCV (1996)		PONS (1994)	MENZ (2003)
Dauer der Untersuchung	5 Jahre	5 Jahre	8	3 Halbjahre		5 Jahre		1 Halbjahr	70 Tage
Jahreszeit der Untersuchungszeit	ganzjährig	ganzjährig	keine Angaben	Winter		ganzjährig		Sommer ⁴	April - Dezember
Kollisionsopfer (Vögel) pro km pro Jahr	0,29	2,6	7,7	9,8	11,6	20⁵	50,6⁶	38,2⁷	61
Charakteristika der Risikostrecken	keine Angaben	keine Angaben	parallele Freileitung, An- und Einschnitte (dagegen wurden Dammlagen nicht als Schwerpunkt identifiziert)	<ul style="list-style-type: none"> hohe Geschwindigkeit Kurvenlage Einschnittlage Bahndämme konnten nicht als Risikobereiche identifiziert werden. 		<ul style="list-style-type: none"> Geschwindigkeit Tunnel Kurven Beschleunigungsstrecken Nachtverkehr 			
Risikofaktoren durch artspezifisches Verhalten/ Risikogruppen	Jungvögel	Signale als Ansitzwarte, Nahrungsaufnahme im Gleis	Nahrungsaufnahme auf dem Bahndamm und im Gleis, Nutzung von technischen Strukturen als Ansitzwarte,	<ul style="list-style-type: none"> Nahrungsaufnahme im Gleis Suche nach Deckung im Gleisbereich Nutzung von Betriebsanlagen als Ansitzwarte 		<ul style="list-style-type: none"> Jungvögel Nutzung elektrischer Anlagen 			Unaufmerksamkeit während Balz, niedrige Überflüge, Nahrungssuche auf dem Gleis Jungvögel
Verhältnis Vögel/ Säugetiere (soweit erfasst)	1 / 1,6	1 / 1,5	/	/		55/45			/

Von verschiedenen Seiten wird auf die besonderen methodischen Problemen bei der Feststellung der Kollisionsopfer auf Bahnanlagen und die damit verbundene erhebliche Dunkelziffer verwiesen (HOERSCHELMANN 1992, LÖSEKRUG 1982, SCV 1996). Die tatsächlichen Opferzahlen wären demnach höher anzusetzen. Die vorstehende Zusammenstellung illustriert denn auch eine weite Streuung der Ergebnisse. Eine eingehende Analyse müsste insbesondere die Einflüsse der avifaunistischen Lebensräume in der Umgebung auf die gewonnenen Daten berücksichtigen. Bis endgültige Ergebnisse zum Thema vorliegen erscheinen jedoch bereits unter Rückgriff auf die oben genannten Untersuchungen einige Schlussfolgerungen zulässig und wichtig zu sein. Zum einen deutet sich ein Zusammenhang zwischen der Geschwindigkeit der Züge und der Mortalitätsrate an. Zwar wird ein solcher Zusammenhang z.B. von PONS (1994) mit dem Hinweis auf Erfassungslücken in anderen Studien bestritten, doch legt gerade die Studie dieses Autors gemeinsam mit SCV (1996) und MENZ (2003) im Vergleich zu den anderen Arbeiten eine positive Korrelation nahe. Für eine exakte Prognose zur Steigerung der Mortalitätsrate durch Geschwindigkeitserhöhungen reicht die Datengrundlage jedoch bei weitem nicht aus.

Tabelle 10: Verteilung der Vogelkollisionen auf Artengruppen und Arten

Untersuchung:	HAVLIN (1987)	JÖHNK (2001)	LÖSEKRUG (1982)	LÖSEKRUG (1982)	SCV (1996)	SCV (1996)	BALDAUF (1988)	PONS (1994)	MENZ (2003)

⁴ PONS geht im Gegensatz zu anderen Autoren von einer verminderten Kollisionsquote im Winter aus

⁵ Hochrechnung

⁶ Hochrechnung

⁷ Hochgerechnet für eine zweigleisige Strecke

Artengruppen:								
Greifvögel	17%	44%	22%	15%	3%	3%	16%	
Eulen	2%	14%	16%	21%	3%	⁸	3%	
Singvögel	17%	14%	27%	28%	85%	55%	40%	
Hühnervögel	53%	7%	18%	3%	2%	4%	17%	
Tauben	6%	11%	11%	5%	2%	33%	5%	
Enten/Gänse	-	4%	-	2%	6%		6%	
Watvögel	-	< 1%	< 1%		< 1%		1%	
div. Einzelarten:								
Amsel	8%	5%	9%		24%	2%	/	
Blaumeisen					13%		/	
Buchfink					11%		/	
Bussard	16%	43%	18%		3%	< 1%	16%	
Fasan	44%	6%	4%				14%	
Feldlerche			6%				2%	
Feldsperling					6%		5%	
Goldammer		3%	>1%		3%		2%	
Hausperling			4%		4%	2%	/	
Kohlmeise					10%		2%	
Rauchschwalbe						5%	1%	
Rebhuhn	9%	1%	13%		1%	4%	1%	
Ringeltaube		9%	1%			22%	1%	
Rotmilan			1%				/	
Saatkrähe		3%	1%					
Schleiereule			4%		< 1%		2%	
Singdrossel					9%		1%	
Star						17%	1%	

⁸ Auf der untersuchten Hochgeschwindigkeitsstrecke findet kein Nachtverkehr statt

Untersuchung:	HAVLIN (1987)	JÖHNK (2001)	LÖSE-KRUG (1982)	LÖSE-KRUG (1982)	SCV (1996)	SCV (1996)	BAL-DAUF (1988)	PONS (1994)	MENZ (2003)
Artengruppen:									
Stockente		3%	1,8%				6%		1%
Turmfalke			3%					3%	/
Turteltaube								8%	/
Wacholderdrossel			3%						/
Waldkauz		8%	> 1%				3%		1%
Waldohreule		4%	11 %				< 1%		/

Ergänzend sei auf weitere Quellen hingewiesen: TIETZ (1978) fand in dem von ihm untersuchten Streckenabschnitt nur wenige Kollisionsoffer, vor allem juvenile Grünfinken, Haussperlinge, Turteltauben, Rabenkrähen und Bluthänflinge. Quantitative Angaben lassen sich aus der Quelle nicht entnehmen. Auf der untersuchten Strecke betrug die Durchschnittsgeschwindigkeit allerdings nur 80 km/h. Für Frankreich werden Schätzungen von 1-5 Bahnopfern/km/Jahr angegeben (COST 2000a). Auch hier wurde eine überdurchschnittliche Gefährdung von Eulen und vom Bussard festgestellt und darauf hingewiesen, dass Überwinterungsgebiete dieser Arten folglich höhere Vogelschlagraten aufweisen.

Auch bei den besonders betroffenen Arten und Artengruppen ist eine große Bandbreite zu beobachten, die nur teilweise durch methodische Einflüsse zu erklären ist. Die Umgebungsvegetation und die Art der angrenzenden Lebensräume stellt hier einen wesentlichen Einflussfaktor dar (HOERSCHELMANN 1992). Der geringe Anteil an Greifvögeln und Eulen in der von PONS vorgestellten Untersuchung ist dagegen sicher auf die Jahreszeit der Untersuchung und den fehlenden Nachtverkehr zurückzuführen.

Artspezifische Verhaltensweisen sind für unterschiedliche Opferzahlen verantwortlich: So nutzt der Mäusebussard in der ausgeräumten Kulturlandschaft gerne Bahnstrommasten als Ansitzwarte. Er lässt sich auch durch nahende Züge nur ungerne von seiner Beute verscheuchen, gerät bei den folgenden Fluchtversuchen dann rasch in Panik. Teilweise werden Such- und Beuteflüge dicht vor sich nähernden Zügen durchgeführt. MENZ berichtet von Bussarden, die in Einschnitten hangabwärts Sturzflüge auf die Gleise durchführten. Ähnliches wird für Mönchs- und Gänsegeier berichtet (SCV 1996). Dem gegenüber verschleppt der Rotmilan seine Beute und verlässt damit den Gefahrenbereich. Die Gleise werden nur selten in niedriger Höhe gequert. Der Turmfalke gilt als wendiger Flieger und kann so dem Zug häufiger entkommen. Eulen jagen hingegen die Beute nach Gehör und fliegen dazu häufig dicht über Grund und damit im unmittelbaren Gefahrenbereich (LÖSEKRUG 1982). Eine Blendung wird für Eulen als zusätzlicher Risikofaktor gewertet (OLSSON 1958). Auch vom Schwarzmilan und Weihen werden Suchflüge in niedriger Höhe über dem Gleis beobachtet (SCV 1996, MENZ 2003). Bei Rabenvögeln wird dagegen eine hohe Lernfähigkeit gegenüber Verkehrsgefahren beobachtet (PONS 1994). Rebhühner fliegen erst im letzten Augenblick auf und können auf Grund ihrer Flugweise den Zügen dann nicht mehr ausweichen. Am Bahndamm aufgeschreckte Vögel überqueren bei der Flucht häufig die Gleise. TIETZ (1978) sowie ZUCCHI (1992) weisen darauf hin, dass der Gleisbereich in schneereichen Wintern ein bevorzugter Ort für die Nahrungssuche ist, da der Zugwind hier den Schnee abräumt. Das regelmäßige Überfliegen der Gleise in niedriger Höhe beim Wechsel zwischen verschiedenen Teilhabitaten wird als Risikofaktor angenommen (SCV 1996). Damit wäre z.B. die Großtrappe potentiell gefährdet, die bei solchen täglichen Flügen eine niedrige Höhe einhält (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001). Auch für Lerchen, die grasige Randbereiche der Trasse nutzen, konnte eine erhöhte Gefährdung festgestellt werden (LÖSEKRUG 1984). MENZ (2003) vermutet eine Gefährdung von Enten, die Entwässerungseinrichtungen als Teillebensraum nutzen und bei der Fluchtreaktion vom Zug erfasst werden oder mit der Oberleitung kollidieren könnten. Schwarzkehlchen und Braunkehlchen queren die Trasse sehr niedrig fliegend und weisen daher

ein spezifisches Risikoverhalten auf (MENZ 2003). Tunnel werden vom Waldkauz als Tagesansitz aufgesucht (BAUER 2000).

Die Identifizierung der Risikobereiche lässt gleichfalls noch Forschungsbedarf erkennen. Unter den Vögeln lassen sich jedoch zwei Risikogruppen feststellen:

1. **Vogelarten, welche die Bahnstrecke regelmäßig in niedriger Höhe überfliegen**, da Teilhabitate an die Strecke angrenzen (wozu auch die Gehölzvegetation auf dem Bahndamm gehören kann). Diese Arten sind besonders auf Dammlagen gefährdet, da hier eine niedrigere Flughöhe eingehalten wird (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001). MENZ (2003) stellte fest, dass bei Querungen einer Trasse im Einschnitt 28% im Gefahrenbereich, das heißt unter der Oberleitung oder knapp darüber statt fanden. Für Dammlagen wäre demnach anzunehmen, dass der Anteil der riskanten Querungen noch höher liegt.
2. **Vogelarten, die Bahnanlagen gezielt als Teillebensraum aufsuchen**. Diese sind besonders dann gefährdet, wenn der schnelle, seitliche Abflug bzw. die Flucht nach oben behindert wird, was insbesondere in Ein- und Anschnitten sowie auf elektrifizierten Abschnitten gegeben ist.

Ob ein Streckenabschnitt zum „Black spot“ wird, kann daher nur durch eine genaue Analyse der vorkommenden Arten und ihrer Flugwege ermittelt werden. HOERSCHELMANN nimmt an, dass der Anteil der kollidierenden Singvögel an von Gehölzen eingefassten Strecken höher ist, als in den an den gehölzarmen Strecken, die von LÖSEKRUG untersucht wurden.

Erfahrungen aus dem Luftverkehr (HILD u.a. 1996) führen zu einer pessimistischen Einschätzung hinsichtlich des Einsatzes technischer Verschreckungsmaßnahmen an Fahrzeugen bzw. an Unfallschwerpunkten.

Vogelkollisionen an Magnetschnellbahnen

Die Thematik der Vogelkollisionen an Magnetschwebbahnen wurde von MARZELLI (1998) und KÜFOG (1999 a-d) untersucht. Magnetschwebbahnen weisen einige charakteristische technische Parameter auf, die die Kollisionswahrscheinlichkeit beeinflussen und die Übertragbarkeit der Erkenntnisse auf den konventionellen Schienenverkehr erschweren: Die Geschwindigkeit beträgt bis zu 420 km/h. Der Fahrweg besteht bei der Versuchsanlage, an der alle hier besprochenen Daten ermittelt wurden aus einem aufgeständerten Fahrtisch. Dieser gilt zwar als typisches Merkmal der Magnetschwebbahn, doch sind weite Strecken der bisher in Deutschland geplanten Strecken in ebener Gradierte projiziert worden.

Bei den Untersuchungen wurden bei 321.251 gefahrenen Kilometer 2184 Kollisionen aus dem Führerstand registriert. Die entspricht 0,0068 Kollisionen pro gefahrenen Kilometer. Hochrechnungen für die geplante, aber nicht gebaute Magnetschnellbahnstrecke Hamburg-Berlin gehen ohne Schutzmaßnahmen von 300 Kollisionen pro Kilometer pro Jahr.

Die Kollisionen waren in den Sommermonaten höher als in den Wintermonaten. Bei Nacht fanden keine Testfahrten statt. Es war eine eindeutige Korrelation zwischen der Geschwindigkeit und der Kollisionsrate feststellbar. Bereiche in offenen Landschaftsbereichen waren stärker betroffen als in bewaldeten Bereichen, da in ausgeräumten Landschaften der Fahrtisch insbesondere durch Greifvögel als Ansitzwarte genutzt wurde. Diese Beobachtung dürfte sich nicht auf konventionelle Strecken übertragen lassen. Risikofaktoren wie Nahrungs- (Aas, Samen, Kleinsäuger) und Deckungssuche im Gleis spielen bei der Magnetschwebbahn keine Rolle, dafür sind das Ansitzen und das Aufsuchen von Pfützen auf dem Fahrtisch als spezifisches Risikoverhalten auf diesem Verkehrsträger zu sehen. Singvögel machten 46 % der Kollisionen aus, Tauben 43%, Rabenvögel 7,3 % und Greifvögel und Falken 2,3 %. Da die Testfahrten nur tags durchgeführt wurden, sind Aussagen zur Gefährdung nachtaktiver Vögel oder Fledermäuse nicht möglich.

Interessant ist die Feststellung, dass die Kollisionsrate durch Warn-Huptöne gesenkt werden konnte. Als weitere Vermeidungsmaßnahme wird empfohlen, dass landwirtschaftliche Umfeld durch Steuerung der Anbaufrüchte für Rastvögel unattraktiv zu machen, deckungsreichen Landschaften zu schaffen, die das Massenaufreten von Vögeln erschweren, Wasserflächen zu entfernen, Nahrungsgelegenheiten in Entfernung zur Trasse zu entwickeln, durch Gehölzquerriegel den Überflug zu mindern, Ansitzwarten in einiger Entfernung zur Trasse einzurichten und Schutzwände zu bauen.

Anflug gegen oder Stromschlag durch Oberleitungen

Der Anteil der Bahnopfer, die nicht durch Kollisionen, sondern durch Stromschlag oder Drahtanflug starben, ist nicht genau bekannt, da in allen einschlägigen Untersuchungen bei einem großen Teil der Kadaver die Todesursache nicht genau eruiert werden konnte. GLUE (1971) und LÖSEKRUG (1984) weisen auf diese Problematik hin. LÖSEKRUG (1984) konnte bei 324 insgesamt aufgefundenen Kadavern nur bei 5 Exemplaren als Todesursache zweifellos den Stromschlag feststellen. Es wird jedoch vermutet, dass der Stromschlag durch Oberleitungen als Todesursache nicht zu vernachlässigen ist. Dies kann nicht überraschen, da auch an anderen Typen von Mittelspannungsleitungen Todesfälle durch Stromschlag auftreten. Um die Mortalität von Vögeln an Oberleitungen zu reduzieren, die auch zu Kurz- und Erdschlüssen und damit zu wirtschaftlichen Schäden führt (BAUER 2000), hat die Deutsche Bahn die betriebsinterne Norm „DS 997-9114 – Vogelschutz an Oberleitungen“ zu technischen Vorkehrungen gegen den Vogelstod an Oberleitungen entwickelt. Ob nach Berücksichtigung dieser technischen Vermeidungsmaßnahmen der Stromschlag von Vögeln an Oberleitungen weiterhin ein relevantes Problem darstellt, bleibt zur Klärung weiteren Untersuchungen vorbehalten. Nach KRAUSE (1997) stellte sich bei einer untersuchten Graureiherkolonie eine Gewöhnung an die Trasse und die begleitende Hochspannungsleitung (Bahnstromleitung) ein. Die Leitungen wurden ohne Irritation überflogen. LANGEMACH & SÖMMER (2001) stellten in Brandenburg unter 22 Bahnopfern 2 durch Stromschlag umgekommene Tiere fest, wobei die Untersuchung auf manchmal unvollständigen Meldungen fußt. SCV (1996) weist ebenfalls auf die schwierige Identifikation der Todesursache hin. Dennoch konnten hier bei Bussard, Eulen, Uhu, Rötelfalke, Sperber, Drossel, Star und Rothuhn vereinzelt als Stromschlagopfer und Anflugopfer festgestellt werden. BAUER (2000) berichtet von getöteten Weißstörchen an einer Bahnlinie in Bayern.

LÖSEKRUG (1982) schließt aus, dass der Anflug gegen Stromleitungen eine bedeutende Todesursache darstellt. Zum einen liegen die Leitungen zu niedrig und werden in großen Abständen überflogen. Auch fehlen unter den gefundenen Kadavern die typischen Anflugopfer (Singdrossel, Rotdrossel, Star). Diese Einschätzung wird von COST (2000a) geteilt. SCV (1996) berichtet hingegen von unmittelbaren Beobachtungen zu tödlichen und nicht tödlichen Anflügen gegen die Oberleitung von Rothuhn, Mauersegler, Singdrossel etc. Doch auch diese Quelle kommt auf Grund eines Vergleiches der elektrifizierten und nicht elektrifizierten Abschnitte zum Ergebnis, dass die Kollisionsproblematik entscheidend ist. Dagegen vermuten BALDAUF (1988) und HOERSCHELMANN (1992), dass vom Zug aufgeschreckte und in der Fluchtbewegung mit der Oberleitung kollidierende Vögel häufig sind. Die von BALDAUF (1988) untersuchte Strecke wies ein Verhältnis der Opferzahlen zwischen der von einer Leitung bzw. ohne Leitung verlaufende Strecken von 7:3 auf. PONS (1994) konnte durch direkte Beobachtungen feststellen, dass 6% der kollidierten Vögel zuvor auf den Oberleitungen gesessen hatten. Zur Kollision mit Leitungen gibt diese Studie keine Auskunft. HOERSCHELMANN (1992) geht davon aus, dass bei gewässerbegleitenden Bahnstrecken (häufige Kombination gerade in Mittelgebirgstälern) in der Nähe ihrer Rast- und Nahrungshabitate niedrig streichende Wasservögel regelmäßig mit der Oberleitung der Bahn kollidieren. Auch für nachtaktive Wiesenvögel (Wachtelkönig und Limikolen) ist das Anflugrisiko groß.

MENZ (2003) beobachtete Ausweichmanöver querender Graureiher und Gänse zur Oberleitung. Dabei wurden in Einzelfällen kritische Manöver (verspätete Reaktion) von Gänsen beobachtet. Die Beobachtung bestätigt, dass Oberleitungsanflüge niedrig fliegender Wasser- bzw. Rastvögel durchaus möglich sind.

Der Anflug gegen Bahnstromleitungen, also über Land geführte Zulieferleitungen (220 kV), dürfte in der gleichen Weise und Intensität erfolgen wie bei übrigen Hochspannungsleitungen. Auf dort gewonnene Erkenntnisse kann daher zurückgegriffen werden. Bahnspezifische Wirkfaktoren sind nicht erkennbar.

Barrierewirkung

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass Bahnanlagen für Vögel, z.B. bei einer Trassenführung durch geschlossene Waldgebiete, Barrieren darstellen. Die Barrierewirkung für Vögel dürfte jedoch von untergeordneter Bedeutung sein.

4.5 Vögel: Beeinträchtigungen durch Nichtstoffliche Einwirkungen (Lärm, Erschütterungen, Optische Reize, Anwesenheit von Menschen, Licht, Olfaktorische Reize) im Umfeld von Bahnanlagen

Lärm

Nach bisheriger Einschätzung wurde ein Einfluss des Zuglärms auf Vögel verneint, da die Lärmeinwirkung diskontinuierlich ist und nicht mit dem kontinuierlichen Lärmband durch den Straßenverkehr vergleichbar ist. Nach neueren Forschungsergebnissen ist dagegen von einer Reduzierung der Brutdichte von Wiesenvögeln durch den Bahnlärm auszugehen. Dabei können grob die folgenden Richtwerte angesetzt werden:

dB(A)	Rückgang der Brutvogeldichte
54 dB(A)	25%
59 dB(A)	50%
65 dB(A)	75%
70 dB(A)	90%

Möglicherweise wirkt Bahnlärm nur bei gleichzeitigem Auftreten von optischen Störungen negativ. Inwieweit diese Ergebnisse auf gehölbewohnende Arten übertragen werden können, ist unklar.

Erkenntnisse zum Einfluss von Erschütterungen, Lichteinwirkung, Gerüche durch Bahnverkehr auf Vögel liegen nicht vor.

CUISIN (1992) stellte für eine neue TGV-Trasse durch ein Waldgebiet fest, dass neben dem Lebensraumverlust und Artenverschiebungen durch entlang der Trasse einwandernde Bachstelzen und Goldammern, keine erheblichen Auswirkungen durch die neue Verkehrsstruktur festgestellt werden konnten. KLEIN (1997) konnte keine negativen Auswirkungen durch den neu aufgenommenen Betrieb einer Bahntrasse an einer Graureiherkolonie erkennen.

Dagegen kommen TULP u.a. (2002) in einer ausführlichen Studie an Wiesenvögeln zum Ergebnis, dass eine eindeutige Korrelation zwischen Lärm und Brutvogelabnahme besteht, die bis zum völligen Lebensraumverlust führen kann. Im Vergleich zu einer zuvor unbelasteten Landschaft ist demnach bei einer Lärmbelastung von 54 dB (A) ein Rückgang von 25% der Brutvogeldichte zu erwarten, ab 59 dB (A) ist ein Rückgang um 50% zu erwarten, ab 65 dB (A) ein Rückgang um 75% und ab 70 dB (A) ein Rückgang um 90% anzunehmen. Die Studie entwickelt ein detailliertes Berechnungssystem zur Ermittlung des Lebensraumverlustes. Es ist jedoch nicht auszuschließen, dass bei der Abnahme der Brutvogeldichte auch die optische Beunruhigung eine erhebliche Rolle gespielt hat, da diskontinuierliche Ereignisse auf Vögel vor allem dann verschreckend wirken sollen, wenn sie mit optischen Störungen gekoppelt sind (HELD u.a. 1993). Der FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ (2001) stellte bzw. bei einer mehrjährigen Beobachtung fest, dass in direkter Nachbarschaft zu einem Schutzwall an einer ICE-Strecke äsende Trappen die Geräusche des vorbeifahrenden Zuges registrierten, jedoch nicht flüchteten. Inwiefern die Ergebnisse auch auf Waldvögel übertragen werden können ist daher unklar. Zwar sind die waldbewohnenden Vögel noch stärker akustisch orientiert als die Wiesenvögel, doch sind die empirischen Befunde uneinheitlich. CUISIN (1992) konnte in einer Studie zur Brutvogeldichte in einem Waldgebiet nach Bau einer TGW-Linie keine lärmkorrelierte Abnahme entnommen werden. Dagegen stellte COCHET CONSULT (2003) fest, dass bahnbegleitende Hecken eine geringere Brutvogeldichte aufwiesen als ähnlich strukturierte, aber bahnferne Hecken im selben Raum und vermutet Störungen durch den Bahnbetrieb als Ursache.

Die von TULP u.a. ermittelten Werte weisen der Größenordnung nach eine beträchtliche Übereinstimmung mit den für den Straßenbau entwickelten Orientierungswerten auf (RECK 2001).

Auch TULP u.a. konnten eine negative Beeinflussung durch Lärm nur nach Bereinigung der unterschiedlichen Biotopqualitäten feststellen. Da die Biotopqualität auf Wiesen auf Grund der in Richtung Bahn abnehmenden Nutzungsintensität stieg, wurden in Bahnnähe absolut sogar mehr Vögel festgestellt, als in entfernten Gebieten. Bahnbegleitende Gehölze in einer Agrarlandschaft sind bevorzugte Nist- und Ruheplätze für Vögel, die sich an Lärm und Erschütterungen gewöhnen (HAVLIN 1987, TIETZ 1978, HOERSCHELMANN 1992). Positive Biotopqualitäten überlagern demnach in gewissem Umfang die negativen Wirkungen des Lärms. Dies stützt die Überlegung, dass der Bahnlärm in Hinblick auf Brutvögel eine relevante Einflussgröße darstellt, die durch den hohen Struktureichtum der trassennahen Lebensräume teilweise kaschiert wird.

Auch GRONTMIJ (in COST 2001) und COST (2000e) vermuten erhebliche Auswirkungen des Bahnlärms auf Bussard, Grasmücken, Goldhähnchen, Kuckuck, Waldtaube u.a. und spürbare Auswirkungen auf alle anderen Vogelarten. Dies überrascht, da sich eine Abschreckung des Bussards durch Bahnlärm bei Betrachtung der hohen Opferzahlen ausschließen lässt. MENZ beobachtete im Gegensatz zu GRONTMIJ, dass Bussarde sich nähernde Züge nicht wahrzunehmen scheinen und erst im letzten Augenblick panikartig flüchten. Von erheblichen Auswirkungen des Bahnlärms kann demnach kaum ausgegangen werden. MENZ (2003) stellte fest, dass die Trasse querende Gänse immer Ausweichbewegungen bei sich nähernden Zügen durchführten, obwohl sich die Vögel nicht im Gefahrenbereich befanden. Für an der Trasse brütende Singvögel wurde dagegen keine nachhaltige Störwirkung festgestellt: Die Vögel suchten kurzzeitig Deckung, der Reviergesang wurde nach kurzer Unterbrechung wieder fortgesetzt.

4.6 Vögel: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

Erkenntnisse zur Beeinträchtigungen von Vögeln durch bahnspezifische Stoffeinträge oder Strahlung liegen nicht vor.

4.7 Vögel: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass die Verwirbelungen (Sog, o.ä.) das Risiko des Vogelschlags erhöhen. Insofern wird auf Kap. 4.4 verwiesen.

Die Belastungen durch Tritt und anderen mechanische Einwirkungen sind durch die geringe Betretungsfrequenz auf Bahnanlagen als gering anzusehen.

4.8 Vögel: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

a) Hinweise für die Tierarternerfassung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen

- Bei Ausbaumaßnahmen an Bahnstrecken kann für den Bereich der Bahnanlagen in der Regel von einem Vogelbestand mittlerer Bedeutung ausgegangen werden. Die örtliche Bedeutung kann insbesondere in ausgeräumten Agrarlandschaften hoch sein.
- Falls bestimmte Kleinstrukturen, wie zugewucherte Entwässerungsgräben, Lesesteinhäufen und breitere Staudenfluren im Übergangsbereich zur Umgebung festzustellen sind

oder die Bahndammbereiche Reliktstandorte von historischen Nutzungen (z.B. Heideflächen) beherbergen, ist bei Ausbaumaßnahmen eine avifaunistische Kartierung angeraten.

- Sofern bei Ausbaumaßnahmen Gehölzbestände auf Bahnanlagen betroffen sind, werden häufig avifaunistische Kartierungen dieser Bereiche durchgeführt. Es sollte geprüft werden, ob stattdessen nicht die Erhebung anderer Artengruppen einen höheren Informationszuwachs erwarten lässt.

b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

- Bei Ausbaumaßnahmen, die eine erhebliche Erhöhung der Entwurfsgeschwindigkeit ermöglichen (z.B. Ausbau einer konventionellen Bahnstrecke zu einer Hochgeschwindigkeitsstrecke oder vergleichbare Erhöhungen der Geschwindigkeit im Bereich konventioneller Bahnstrecken), ist in Abhängigkeit der betroffenen Populationen und Lebensräume der Umgebung von einer deutlichen Erhöhung der Mortalität durch Vogelschlag auszugehen. Das gleiche gilt für den Neubau konventioneller Bahnstrecken sowie die Neuelektrifizierung.
- Zum Einfluss der Zugfrequenz auf die Mortalitätsrate sind derzeit keine gesicherten Erkenntnisse möglich, da offenbar gerade die niedrigen Fahrzeugfrequenzen auf Bahnstrecken Vögel in die Gefahrenzone locken. Vor der Annahme einer positiven Korrelation wird daher gewarnt.
- In Abhängigkeit von betroffenen Populationen und Lebensräumen der Umgebung können Ein- und Anschnitte, Dammlagen, Kurven, Beschleunigungsstrecken, Bereich mit dicht anschließenden Gehölzbestand entlang der Strecke als potentielle Gefahrenbereiche angesehen werden.
- Sofern Nachtverkehr besteht oder geplant ist, sind Eulen besonders betroffen. Weiterhin ist von einer besonderen Betroffenheit von Greifvögeln auszugehen.
- In Hinblick auf die Beeinträchtigungen von Vögeln durch Bahnstromleitungen kann auf die Erkenntnisse zu üblichen Hochspannungsleitungen zurückgegriffen werden.
- Eine automatische Nutzungsextensivierung in der Nähe der Bahnanlagen kann nicht sicher prognostiziert werden und sollte daher in der Wirkungsprognose außer Betracht bleiben.
- Auch Zuglärm kann zur Beeinträchtigungen von Vögeln führen. Für Wiesenvögel wird die Ermittlung der Reduzierung der Biotopqualität nach TULP u.a. (2002) empfohlen. Zu gehölbewohnenden Vögeln sind derzeit keine gesicherten Aussagen möglich.

c) Hinweise zu Vermeidungsmaßnahmen

- Überflughilfen durch technische Maßnahmen bzw. galerieartige Gehölzpflanzungen in einem Abstand zum Gleis können die Kollisionsopfer unter den querenden Arten vermindern. Diese Maßnahmen leisten keinen Beitrag gegen die unfallbedingte Sterblichkeit der Arten, die bei der Nahrungssuche o. ä. auf dem Gleis verunglücken. Die Maßnahmen müssen so konzipiert werden, dass die Fluchtwege für auf dem Gleis angetroffene Arten nicht versperrt werden.
- Gehölzpflanzungen in unmittelbarer Nähe zum Gleis sind dagegen aus avifaunistischer Sicht kritisch zu bewerten. Sie können jedoch aus anderen Gründen (Landschaftsbild, Ortsbild, Akzeptanz in der Öffentlichkeit) gerechtfertigt sein.

- Generell sind alle Gestaltungs- Vermeidungsmaßnahmen o.ä. in Gleisnähe daraufhin zu überprüfen, ob sie Vögel anlocken.
- Sofern besonders gefährdete Greifvogelarten vorkommen, sind geeignete Maßnahmen gegen die Kollision von Säugetieren auf Bahnanlagen zu entwickeln. Dafür sind Wildwechsel schwerpunktmäßig zu berücksichtigen, um Aas auf der Strecke zu reduzieren.
- Die regelmäßige Räumung der Strecke von Aas (zumindest Großwild) kann in Einzelfällen als Vermeidungsmaßnahme geboten sein.
- Es ist zu prüfen, ob Maßnahmen entwickelt werden können, die die Attraktivität der Gleisanlagen für Kleinsäuger vermindern.
- Es ist zu prüfen, ob durch das Angebot von Ansitzwarten außerhalb der Gleisanlagen die Attraktivität technischer Anlagenteile als Sitzwarte vermindert werden kann.
- Die Anwendung der bahninternen Richtlinie DS 997-9114 – „Vogelschutz an Oberleitungen“ ist bei allen Strecken im Außenbereich zu prüfen. Innerhalb von Vogelschutzgebieten, FFH-Gebieten, Nationalparks oder Naturschutzgebieten ist die Anwendung in jedem Fall geboten.
- Auch in durch Bahnlärm belasteten Bereichen ist die Aufwertung der Biotopqualität in begrenztem Umfang möglich.

5. Bahnspezifische Auswirkungen auf Reptilien durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

5.1 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme durch Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsanlagen

Für die Zerstörung von Lebensräumen in der freien Landschaft durch Ausbau- und Neubaumaßnahmen ergeben sich keine bahnspezifischen Besonderheiten. Sie können mit den üblichen Prognosemethoden erfasst werden. Es stellt sich die Frage, ob bei Ausbaumaßnahmen an und auf Bahnanlagen Lebensräume von Reptilien zerstört werden können. Der Literaturbestand zur Bedeutung von Eisenbahnbetriebsanlagen für Reptilien kann als gut bezeichnet werden. Es kann festgestellt werden, dass Eisenbahnanlagen zu den zentralen Lebensräumen verschiedener Reptilienarten in Deutschland gehören. Bei den hier vor allem vorkommenden Arten (Zauneidechse, Mauereidechse, Smaragdeidechse) handelt es sich um streng geschützte Arten. Ohne begleitende Maßnahmen beinhalten bestimmte Ausbaumaßnahmen an Bahnstrecken daher ein hohes Gefährdungsrisiko für Reptilien.

*Eisenbahntrassen stellen häufig ideale Reptilienlebensräume dar (BLANKE 1999). Hier leben in einigen Fällen **Schwerpunktpopulationen** (FRÖR in LAUBE 2001 sowie ASSMANN 1990 für **Smaragdeidechse**, **Äskulapnatter**, **Schlingnatter** und **Ringelnatter**, BLANKE 1999 und DEUTSCHE BAHN AG 1997 für die **Zauneidechse** in Niedersachsen, KLEWEN 1988 für die Zauneidechse im Ruhrgebiet, STADT KÖLN, 2003 schriftl., LAUFER 1998 und COCHET CONSULT 2003 für die **Mauereidechse**). In Niedersachsen lagen 36% der registrierten Lebensräume der Zauneidechse auf Bahnanlagen, die damit zu den bedeutendsten Lebensräumen dieser Art gehören. In vielen Naturräumen stellen Bahnanlagen den einzigen Lebensraum für bestimmte Reptilien dar (LORENZEN & GOTTWALD 1992, MUTZ & DONTN 1996). In Betrieb befindliche Bahnanlagen werden auch in mit geeigneten Biotopen reich ausgestatteten Landschaften als Sekundärlebensraum angenommen (BÖKER 1990, SOUND & SCHAUSTEIN 1997).*

Smaragdeidechsen meiden entlang der Bahnstrecke besiedelte Bereiche sowie stark beschattete Abschnitte. Der Aufenthalt dieser Art findet bevorzugt am Hangfuß im Anschluss an der Bahnanlage, weniger häufig auf dem Bahndamm und selten im direkten Gleisbereich statt (LAUBE 2001). Charakteristisch für die Habitatwahl sowohl bei Smaragdeidechse, als auch bei **Äskulapnatter** ist eine abwechslungsreiche Struktur mit einem Wechsel von vegetationsfreien, sonnigen Bereichen und angrenzenden Zonen mit grasigem bzw. strauchartigen (z.B. Brombeeren) Bewuchs. Stärkerer Bewuchs und Beschattung führen zum Rückgang der Individuenzahl bzw. zum Ausfall des Lebensraumes (LAUBE 2001, ASSMANN 1990, MUTZ & DONTN 1996). Die meisten Reptilienarten meiden stark besonnte Bereiche ohne Deckung. Auch für die **Zauneidechse** ist der kleinräumige Wechsel von vegetationsfreien Stellen, einer gut ausgebildeten Krautschicht und einzelnen Sträuchern oder Bäumen entscheidend. Die Übergangsbereiche erlauben den Tieren eine optimale Thermoregulation und bieten ausreichende Deckung. Der sandige Randweg, aber auch alle anderen vegetationsfreien Bereiche auf dem Planum scheinen von der Zauneidechse als Eiablageplatz genutzt zu werden. An den Randweg schließen häufig Bereiche mit einer vielfältig strukturierten Vegetation an, die im landwirtschaftlich genutzten Umfeld kaum mehr vorhanden sind, so z.B. gleisnahe Ruderalvegetation (COCHET CONSULT 2003). Eidechsen profitieren auch von den Gehölzrückschnittmaßnahmen, da sie verbleibendes Totholz zum Sonnen nutzt. Der Schotterkörper wird als Fluchtversteck und Schlaf- und Sonnplatz genutzt. Feuchte Gräben sowie das Innere von Hecken dienen zur Abkühlung. Da die Sonnenexposition von besonderer Bedeutung für die Zauneidechse ist, werden innerhalb von Waldgebieten zweigleisige Strecken, die eine längere tägliche Sonnenbestrahlungsdauer aufweisen sowie die Südseite von Böschungen, bevorzugt (BLANKE 1999, BÖKER 1990, KLEWEN 1988, MUTZ & DONTN 1996). Dagegen besiedelt die **Mauereidechse** auch vollständig gehölzfreie Streckenabschnitte (LAUFER 1998), hier z.B. die Gleiszwischenräume, die von Ruderalvegetation eingenommen werden, sowie Betriebsgebäude und wenig befahrene Nebengleise (COCHET CONSULT 2003). Die **Ringelnatter** nutzt Bahndämme mit Anschluss an feuchte Bereiche als Teillebensraum (ASSMANN 1990). Auch die Blindschleiche wurde auf Bahndämmen festgestellt (HENLE & RIMPP 1994, KORNACKER 1997, MUTZ & DONTN 1996). Die Schlingnatter nutzt u.a. Ruderalfluren in den Gleiszwischenräumen (CO-

CHET CONSULT 2003). Die Lebensräume auf und an Bahnanlagen sind vor allem durch Nutzungsaufgabe und unterlassene Pflegemaßnahmen gefährdet. Im Vergleich zu umliegenden landwirtschaftlich genutzten Landschaften aber auch besiedelten Bereichen stellen Bahnanlagen jedoch Standorte mit einer hohen Konstanz der Lebensraumbedingungen dar.

Auch stillgelegte Bahnanlagen können noch teilweise große Populationen der **Zauneidechse** beherbergen, solange noch vegetationsfreie und besonnte Bereiche vorhanden sind (DEUTSCHE BAHN AG 1995).

5.2 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Hier kommen vor allem Rückschnittmaßnahmen in Frage. Diese können Reptilien jedoch eher fördern, da sich die Sonnenexposition und der Totholzanteil erhöht.

Der Gehölzrückschnitt wird wegen seiner offensichtlichen positiven Auswirkungen auf die Reptilien begrüßt, von Naturschutzseite sogar zuweilen angemahnt (ASSMANN 1999). Neben der Schaffung unbeschatteter Bereiche entstehen durch den Gehölzrückschnitt Bereiche mit Totholz sowie blütenreiche Säume (BLANKE 1999). Die Unterhaltung sichert zudem gleichbleibende Lebensbedingungen über Jahrzehnte hinweg und ist auch aus diesem Grund insbesondere für Reliktvorkommen und in Ballungsräumen bedeutsam (SOUND & SCHAUSTEIN 1997, KLEWEN 1988).

5.3 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren im Umfeld von Bahnanlagen

Inwieweit Bahnanlagen die abiotischen Standortfaktoren in ihrem Umfeld in einem Umfang erhöhen, der für Reptilien relevant sein kann, ist nicht bekannt.

5.4 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Barrierewirkung, Fallenwirkung, Individuenverlust auf Bahnanlagen

Die intensive Nutzung der Bahntrasse als Lebensraum führt zwangsläufig zu häufigen Querungen der Trasse. Dies scheint nicht in nennenswertem Umfang zu Individuenverlusten zu führen. Eine Barrierewirkung ist nur anzunehmen, wenn zusätzliche Sperrelemente wie Lärmschutzwände etc. eingebracht werden. Bahnanlagen stellen in einigen Teilen Deutschlands entscheidende Vernetzungsachsen dar.

Einige Autoren berichten über häufige Querungen der Gleise, so LAUBE (2001) für die Smaragdeidechse. Die Querung ist demnach für die Eidechsen in der Regel gefahrlos möglich. Der Sog des den Aufenthaltsort überquerenden Zuges stellt für Eidechsen und Schlangen kein Problem dar. Da Bahnstrecken insgesamt als Lebensraum besiedelt werden (z.B. Gleiszwischenräume) und tägliche Querungen statt finden, kann davon ausgegangen werden, dass Zerschneidungseffekte für Eidechsen nur auftreten, wenn bestimmte bauliche Anlagen, z.B. unten geschlossen mit dem Erdboden verbundene Lärmschutzwände, bestehen. Lärmschutzwände wirken nicht nur trennend, sondern auch beschattend (BLANKE 1999). Auch ASSMANN (1990) listet die Bahnanlagen für das von ihm untersuchte Gebiet nicht als Barriere auf. KORNACKER (1993) konnte in einer ausführlichen Studie zur Barrierewirkung einer eingleisigen Bahnstrecke auf die Waldeidechse keine populationszerschneidende Wirkung feststellen. COST (2001) geht davon aus, dass die Barrierewirkung von Bahnstrecken auf Reptilien schwach ist.

Die Mortalität scheint begrenzt zu sein. Im Verhalten der Eidechsen lässt sich eine Anpassung an den Zugverkehr erkennen: Während juvenile Exemplare der gemeinhin auf Erschütterungen reagierenden Zauneidechse bei Annäherung des Zuges die Flucht ergreifen, bleiben adulte im Gleisbereich liegen, da sie offenbar durch den Zug keine Gefährdung erwarten, während auf Straßen und Feldwegen auch bei adulten Tieren Fluchtverhalten zu beobachten ist (BLANKE 1999, LAUFER 1998). Der Zugwind, der durch die Wirbelschleppes hinter dem Zug entstehen, veranlasst allerdings alle Tiere, in Deckung zu gehen. Dagegen vermuten MUTZ & DONT (1996) eine Gefährdung durch den Sog schneller Züge. Die Vermutung konnte durch die Beobachtungen von LAUFER (1998), die an einer Strecke mit

teilweise hohen Geschwindigkeiten erfolgte, entkräftet werden. Für Hochgeschwindigkeitsstrecken sind derzeit keine Aussagen möglich.

Auch im Schotterbett ruhende Schlangen scheint der Sog nicht zu erfassen. PODLOUCKY (2002 mdl.) berichtet von einer Schlingnatter, die bei Annäherung eines Zuges in Ruhestellung verharnte und nicht verletzt wurde. SCV (1996) berichten, dass 4% der aufgefundenen Kollisionsoffer unter den Wirbeltieren Reptilien waren (ausschließlich Schlangen), die offensichtlich beim Queren über die Gleise vom Zug überrascht und durchtrennt wurden.

Bahnanlagen als Vernetzungsstrukturen für Reptilien

Die besondere Bedeutung von Bahnanlagen als Ausbreitungsachsen für Reptilien ist bekannt. BLANKE & PODLOUCKY (2000) dokumentieren dies am Beispiel einer Zeichnungsmutante der Zauneidechse. KLEWEN (1988) beobachtete entlang von Bahnlinien in Ballungsräumen Wanderungen von bis zu 4 km pro Jahr. SOUND & SCHAUSTEIN (1997) fordern die Einbeziehung von Bahndämmen als Vernetzungsachsen in Schutzkonzepten. KORNACKER beschreibt die Verbindungsfunktion von Bahnstrecken in ansonsten reptilienfeindlichen Landschaften. LORENZEN & GOTTWALD stellten fest, dass diese Art in Buntsandstein, Lößgebiete und Flussauen über Bahntrassen gelangt und nur über diese in bisher unbesiedelte Räume vordringen kann. Randwege von anderen Verkehrswegen werden dagegen in deutlich geringerem Umfang besiedelt und übernehmen keine wesentlichen Vernetzungsfunktionen. Bahnanlagen beherbergen damit Zentralpopulationen von denen aus andere Bereiche besiedelt werden. Diese Feststellung ist bedeutsam, da unter dieser Prämisse eine ständige Wiederbesiedlung der Bahntrassen aus anderen Biotopen ausgeschlossen werden kann. Bahnanlagen können demnach keine sogenannten „Biofallen“ darstellen, auf denen lediglich eine erfolglose Reproduktionsversuche stattfinden, die durch ständige Wiederbesiedlung von außen kaschiert werden. Somit müssen für Bahnanlagen auch für die letzten Jahrzehnte günstige Erhaltungsbedingungen angenommen werden.

5.5 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Nichtstoffliche Einwirkungen (Lärm, Erschütterungen, Optische Reize, Anwesenheit von Menschen, Licht, Olfaktorische Reize) im Umfeld von Bahnanlagen

Für Schlangen führt ASSMANN (1990) als Hauptgefährdungen neben Bioziden und Verkehrstod (s.u.) die Habitatzerstörung, Fang und Erschlagen an. Die Schlangen an Bahnanlagen dürften demnach davon profitieren, dass auf Bahnanlagen weitgehendes Betretungsverbot gilt, das auch überwiegend beachtet wird. Erhebliche Beeinträchtigungen durch Lärm oder Erschütterungen sind auf Grund der unter 5.1 dargestellten Erkenntnisse nicht zu vermuten (s.o.).

5.6 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

Da die bahnspezifischen Stoffeinträge auf die unmittelbar auf der Bahnanlage lebenden Reptilien keine Auswirkungen zeitigen, sind auch emissionsbedingte Störungen von Lebensräumen außerhalb der Bahnanlagen auszuschließen.

Der fortdauernden Unterhaltung der Bahnstrecken wird für den Fortbestand der Populationen von verschiedenen Autoren entscheidende Bedeutung beigemessen, da eine zunehmende Vegetationsbedeckung die Populationen erlöschen lässt (LAUBE 2001, BLANKE 1999, KLEWEN 1988, MUTZ & DONT 1996). Es wird konstatiert, dass die fortdauernde Behandlung der Bahnanlage mit Pflanzenschutzmitteln die Lebensvoraussetzungen für die Reptilienbestände durch Herstellung der geeigneten Habitatstruktur schafft und trotz über 50-jähriger Dauer die Bildung von Schwerpunktpopulationen auf Bahnanlagen nicht gebremst hat. Direkte Auswirkungen auf die Reptilien durch die bisher eingesetzten Mittel werden von den meisten Autoren nicht gesehen (LAUBE 2001, KLEWEN 1988, MUTZ & DONT 1996). BLANKE (1999) weist darauf hin, dass durch die eingesetzten Kontaktherbizide die Eidechsen nicht direkt geschädigt werden, aber vorübergehend die Nahrungsgrundlage für die Beutetiere reduziert wird, was negative Auswirkungen haben könnte. Auch beim periodischen Auswechseln

des Schotters sind Verluste von Individuen zu erwarten. Die Autorin betont jedoch, dass die genannten Maßnahmen die langfristige Erhaltung des Lebensraumes für die von ihr untersuchten Zauneidechse sichern und bei Beibehaltung der bisherigen Maßnahmen der Fortbestand der Populationen zu erwarten ist. Im Gegensatz dazu hält ASSMANN (1990) den Herbizideinsatz für nicht hinnehmbar, da er die Anreicherung von Schadstoffen in der Nahrungskette und deren Folgen für unkalkulierbar hält. Derselbe Autor führt jedoch aus, dass der beschriebene Bestand auf der Bahnanlage seit langem hoch und stabil ist und die nach 1999 erfolgte Stilllegung der Trasse, mit der auch die Einstellung der Vegetationsbekämpfung verbunden war, eine hochgradige Gefährdung der Reptilienbestände darstellt (ASSMANN 1999).

Es ist in diesem Zusammenhang darauf hinzuweisen, dass auf Bahnanlagen im Gegensatz zum landwirtschaftlichen Umfeld keine Insektizide ausgebracht werden, was sich positiv auf das Nahrungsangebot für Eidechsen auswirken dürfte. Nach Auskunft des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz (FORSTER 2003 mdl.) ist die Zulassung eines Wirkstoffes zur Ausbringung auf dem Gleis nur dann möglich, wenn die Schädigung von Wirbeltieren ausgeschlossen ist.

Die thermische Unkrautbekämpfung, die von Umweltschutzseite zuweilen als schonendere Alternative zum Herbizideinsatz propagiert wird, wird dagegen von MUTZ & DONT 1996 als gravierende Gefährdung der Eidechsenpopulationen angesehen, da die Gelege und sich im Schotter versteckende Jungtiere vernichtet werden könnten. Diese Einschätzung konnte jedoch nur die zum Zeitpunkt der Veröffentlichung bekannten thermischen Methoden, wie das Abflammen oder die Infrarotmethode, berücksichtigen. Diese beiden Methoden finden bei der DB keine Anwendung mehr. STOLPER (brfl. 2004) schätzt die zwischenzeitlich entwickelte Heißdampfmethod dagegen als für Reptilien im Gleis ungefährlich ein, da der austretende Dampf (mit 98 C° wesentlich geringere Temperaturen als bei Abflammen oder Infrarot) beim Auftreffen auf die Schotteroberfläche nur noch eine Temperatur von ca. 54 C° (Außentemperatur- bzw. witterungsabhängig; Messungen aus der Schweiz ohne Vortrocknung) aufweist. Die Randwege mit Feinsubstrat, in denen die Gelege häufig vergraben sind, werden auf freier Strecke nicht erfasst. Die Heißdampfmaschine fährt mit einer Geschwindigkeit von 2-3 km/h, so dass den Reptilien im Gleis ausreichend Zeit zur Flucht bleibt. Die Flucht dürfte durch die gegenüber dem Zug ungewohnten Geräusche oder durch die der Dampfhaube vorgeschaltete Vortrocknung ausgelöst werden.

5.7 Reptilien: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Erkenntnisse zu Beeinträchtigung durch bahnspezifische mechanische Einwirkungen liegen nicht vor. Zum Einfluss von Verwirbelungen und Sog auf die Mortalität vgl. 5.4.

5.8 Reptilien: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

a) Hinweise für die Tierartenerfassung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen

- Sofern das Vorkommen von Reptilien auf von Ausbaumaßnahmen betroffenen Betriebsanlagen nicht ausgeschlossen werden kann, sollten Geländeerhebungen vorrangig diese Artengruppe erfassen.

b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

- Bei Ausbaumaßnahmen sowie der Wiederinbetriebnahme ist zu prüfen, ob Gefährdungen von Reptilien, namentlich streng geschützter Arten entstehen.
- Auch Lärm-, Sicht- oder Windschutzwände können durch Beschattung von Lebensräu-

men und als Barriere Reptilienbestände beeinträchtigen.

- Da die bahnspezifischen Stoffausträge auf die unmittelbar auf der Bahnanlage lebenden Reptilien keine Auswirkungen zeitigen, sind auch emissionsbedingte Störungen von Lebensräumen außerhalb der Bahnanlagen auszuschließen.
- Da die jahrzehntelange Ausbringung von Pestiziden die Entstehung von Schwerpunktpopulationen auf Bahnanlagen nicht verhindert hat, kann davon ausgegangen werden, dass Reptilien gegen die bahnspezifischen Herbizide keine besondere Empfindlichkeit aufweisen.

c) Hinweise zu Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen

- Die Wirksamkeit von Artenschutzmaßnahmen, die den Schutz von Reptilien zum Ziel haben, ist dann besonders hoch, wenn sie in direkter Nachbarschaft zur Gleisanlage erfolgen, da so die Nutzung der Trasse als Teillebensraum und die Vernetzung mit anderen Teilpopulationen am ehesten sichergestellt werden kann. Mindestabstände zum Gleis sind aus ökologischer Sicht nicht begründbar.

6. Bahnspezifische Auswirkungen auf Amphibien durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

6.1 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsanlagen

Für die Zerstörung von Lebensräumen in der freien Landschaft durch Ausbau- und Neubaumaßnahmen ergeben sich keine bahnspezifischen Besonderheiten. Sie können mit den üblichen Prognosemethoden erfasst werden. Es stellt sich die Frage, ob bei Ausbaumaßnahmen an und auf Bahnanlagen Lebensräume von Amphibien zerstört werden können. Tatsächlich können Entwässerungsgräben unter bestimmten Umständen Amphibienpopulationen beherbergen. Auch Bahndämme sind in ausgeräumten Landschaften Rückzugsräume für Vertreter dieser Artengruppe. Ob Bahnanlagen regelmäßig wertvolle Lebensräume für Amphibien darstellen, ist derzeit ungeklärt.

Eisenbahntrassen können für Amphibien u.U. wertvolle Rückzugslebensräume schaffen. BELZ (1982) betont die Bedeutung von Eisenbahneinschnitten am Beispiel einer zum Zeitpunkt der Untersuchung gerade stillgelegten Strecke und hebt die begleitenden Seitengräben, die in diesen Bereichen häufig Grundwasseranschluss aufweisen, als Habitat für Berg- und Fadenmolch, Feuersalamander und Geburtshelferkröte hervor. Der Autor beschreibt die vegetationsfreien Seitengräben als Laichhabitate für verschiedene Amphibien und sieht die Stilllegung von Eisenbahnstrecken als potentielle Gefährdung der aufgefundenen Populationen an. Bemerkenswert ist, dass die aufgefundenen Amphibienpopulationen die Behandlung der als Laichgewässer dienenden Seitengräben mit Herbiziden tolerieren bzw. auf die Freihaltung der Vegetation sogar angewiesen waren. Da es sich teilweise um isolierte Reliktpopulationen handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die dauerhafte Etablierung der Populationen durch die Herbizide nicht beeinträchtigt wurde. Auch ASSMANN (1990) gibt als Laichhabitat für die Gelbbauchunke den Bahnseitengraben einer in Betrieb befindlichen Strecke an, wobei der Bestand den von natürlichen Quellaustritten in der Umgebung übertraf. HENLE & RIMPP (1994) fanden den Feuersalamander außerhalb von Wäldern u.a. auf Bahndämmen. Auch die Erdkröte nutzt Grenzbereiche zwischen Bahndämmen und landwirtschaftlich genutzten Bereichen als Lebensraum. Von KORNACKER (1997) wurden Molche als Überwinterungsgast an einem Bahndamm beobachtet. MUTZ & DONT (1996) stellten den Grasfrosch auf Bahndämmen fest. KOSTER (1991) stellte fast alle in den Niederlanden heimischen Amphibien auf Bahnanlagen fest, darunter z.B. auch Laubfrosch und Feuersalamander. Leider werden keine genaueren Angaben zur Raumnutzung auf der Bahnanlage gemacht.

6.2 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Es liegen keine Erkenntnisse zu Beeinträchtigungen von Amphibien durch Änderungen der Habitat- oder Nutzungsstruktur vor.

6.3 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren im Umfeld von Bahnanlagen

Bei Bahnanlagen, die Niederschläge über den Bahndamm und von dort in das anschließende Gelände versickern, können feuchte Zonen in Nachbarschaft zur Bahnanlage entstehen.

6.4 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Barrierewirkung, Fallenwirkung, Individuenverlust auf Bahnanlagen

Individuenverlust

Die Gefährdung von Amphibien durch den Straßenverkehr ist hinlänglich bekannt. Die vorliegenden Studien deutet darauf hin, dass sich die Gefährdungssituation auf Bahnanlagen von der im Straßenverkehr hinsichtlich der betroffenen Arten grundlegend unterscheidet. Die Mortalität von Kröten durch den Schienenverkehr scheint gering zu sein, während für Frösche eine Beeinträchtigung festzustellen ist. In Hinblick auf Molche ist auch eine vorläufige Einschätzung schwierig. Es ist zu vermuten, dass die Mortalität unter Fröschen vor allem bei den Strecken gegeben ist, die nachts intensiv befahren werden. Für Hochgeschwindigkeitsstrecken können keine Angaben gemacht werden. Während der Bauzeit oder für Unterhaltungsmaßnahmen geöffnete Kabeltröge können zur Falle für juvenile Amphibien werden.

IGELMANN (1994) und WOLFF (1993) beschreiben Wanderungen einer Erdkrötenpopulation über eine stark befahrene Bahntrasse. Bei der Überfahrt eines Zuges ducken sich die Erdkröten und werden daher nicht vom Sog des überquerenden Zuges erfasst. Sofern sie vom Zug hochgeschleudert werden, setzen sie danach unbeeindruckt ihre Wanderung fort. Jungtiere suchen in den Schotterzwischenräumen Schutz. Es wurden während einer Wanderperiode wenige Todesfälle (fünf erkrankte Männchen im Schotterbett) festgestellt. Die beobachteten Todesfälle unter den Erdkröten wurden in Anbetracht der Gesamtzahl der erfolgreich querenden Tiere als unbedeutend eingestuft.

MEYER & WILD 1994 sprechen ohne nähere Artenangaben von einem Massaker unter Amphibien auf einer Bahnstrecke. KUZMIN (1996) berichtet, dass in den 20 Jahren der Zugverkehr auf einer Moskauer Strecke eingestellt werden musste, da die Schienen durch überfahrene Frösche zu glitschig geworden waren, was auf eine erhebliche Mortalität hinweisen dürfte. BARANDUN (1991) stellte fest, dass Grasfrösche bei Annäherung des Zuges hochspringen und damit direkt von der Sogwirkung erfasst werden, während er die Beobachtungen von WOLFF bestätigt, nach der Erdkröten durch Ducken nicht vom Sog erfasst werden und Molche nicht reagieren, aber ebenfalls nicht vom Sog erfasst werden. Die unterschiedlichen Aussagen von REH (1991, s.u.) und WOLFF (1994) werden durch diese Beobachtungen hinlänglich erklärt. CRAMM (mdl.) weist jedoch darauf hin, dass die Wanderung in den Schienenkehlen auch für Molche und Kröten nicht gefahrlos zu sein scheint, da hier regelmäßig Kadaver aufgefunden werden. JÖHNK (2001) fand auf einer Bahnstrecke von 15 km Länge durch ein Feuchtgebiet in 5 Jahren unter 322 insgesamt festgestellten Kollisionsopfern nur insgesamt 5 Frösche.

Kabeltröge, Kabel- und Baugruben können für juvenile Amphibien zu Fallen werden. Beim Bau oder der Sanierung von Kabeltrögen, deren Oberkante meist geländegleich verläuft, werden zunächst die Wannen eingesenkt bzw. zu Reparaturarbeiten die Trogdeckel abgehoben. KANIUT (mdl.) berichtet von Bauarbeiten, bei denen massenhaft juvenile Tiere auf ihrer Wanderung in die Landquartiere in die Tröge fielen. Eine tödliche Fallenwirkung und die Bildung einer nicht überwindbaren Barriere kann durch die zeitliche Einnischung solcher Bauarbeiten oder durch einfache Kletterhilfen, wie Strohhallen oder Matten verhindert werden.

Barrierewirkung

Für Amphibien wurde durch einige Autoren eine massive Barrierewirkung durch Bahnanlagen vermutet, ohne dass dies durch Feldstudien belegt werden konnte. Durch einige Studien und Einzelbeobachtungen lassen sich die Auswirkungen inzwischen genauer bestimmen. Die Befürchtungen konnten nur teilweise bestätigt werden. Demnach werden Bahntrassen von Kröten vergleichsweise problemlos überwunden, während für Frösche auf Grund der hohen Mortalität auf der Strecke die Barrierewirkung als relevant anzusehen ist. In Hinblick auf Molche sind keine abschließenden Aussagen möglich. Für alle Amphibiengruppen wurde eine hohe Bedeutung von Bahntrassen als Vernetzungsstruktur ermittelt.

WOLFF (1994) untersuchte eine Nebenstrecke mit niedrigen Höchstgeschwindigkeiten und Schienenhöhen sowie eine IC-Strecke mit einer Höchstgeschwindigkeit von 140km/h und üblicher Schienenhöhe. Es wurde festgestellt, dass nur die niedrigen Schienen an den Befestigungsbolzen überklettert werden können. Die Schienen mit normaler Höhe (172mm) wurden dagegen unterklettert. Entsprechende Öffnungen wurden regelmäßig auf Suchwanderungen aufgefunden. Nur sehr wenige Individu-

en fanden keine Durchlässe. Der Sog der Züge richtet ebenfalls keinen Schaden an, da juvenile Erdkröten im Schotter Schutz suchten und adulte Tiere zwar manchmal durch den Sog verwirbelt wurden, danach aber ohne erkennbare Beeinträchtigungen ihre Wanderungen fortsetzten. Es wird konstatiert, dass die untersuchten Bahnanlagen keine relevanten Migrationshindernisse für die betroffenen Populationen darstellen. Dagegen schloss REH 1991 aufgrund genetischer Untersuchungen an Grasfröschen auf eine spürbare Barrierewirkung einer Bahnstrecke. HENLE (1996) stellte fest, dass Grasfrosch, Erdkröte, Bergmolch, Teichmolch und Ringelnatter ein nur 150m entferntes, aber durch eine Autobahn getrenntes Gewässer auch nach 12 Jahren nicht besiedeln konnten, während dieselben Arten sowie Kammmolch, Laubfrosch und Wasserfrosch ein 750m entferntes neues Laichgewässer, das durch eine einspurige S-Bahn-Strecke getrennt war, schon nach 1-3 Jahren erreichten.

Demgegenüber konnte LENDERS (1996) keine Wanderbeziehungen von Molchen zwischen Laichgewässern feststellen, die von einer ebenfalls eingleisigen Bahntrasse getrennt waren, während die Wanderungen zwischen den nicht durch die Bahnstrecke getrennten Teichen recht rege war. In COST (2001) werden Bahnanlagen als starke Barriere für Molche bewertet. Soweit feststellbar, stützt sich diese Aussage auf den Nationalen Cost-Report der Niederlande, dieser wiederum auf die Arbeit von LENDERS (1996, s.o.). Der Vergleich dieser Ergebnisse mit HENLE (1996) macht jedoch deutlich, dass derzeit keine endgültigen Schlüsse zur Barrierewirkung von Bahnanlagen auf Molche möglich sind. LEHMANN (1989) beobachtete schienenparallele Wanderungen von Molchen auf der Suche nach Durchlässen. Die Autorin wertet die Schienen als bevorzugte Wanderstrecken und führt das auf die Deckung der Schienen und die Temperaturerhöhung im Gleis zurück. Die Beobachtungen von WOLFF machen jedoch deutlich, dass es sich vielmehr um Suchwanderungen zum nächsten Durchlass handeln dürften. Die beschriebene Strecke war wenig befahren. Die Wanderung im Gleis dürfte vermutlich bei der Überfahrt eines Zuges in einigen Fällen tödlich enden, da regelmäßig Kadaver in der Schienenkehle gefunden werden. Für die wesentlich größeren Erdkröten konnte bei der Wanderung in der Gleiskehle keine Gefährdung festgestellt werden. Die Beobachtung von LEHMANN (1989) belegt zumindest für einen Einzelfall, dass Wanderungen von Molchen über Gleisanlagen hinweg erfolgen.

Als widerlegt können alle Annahmen gelten, nach denen Bahnanlagen wegen der Schienen und des scharfkantigen Schotters durch Amphibien grundsätzlich nicht gequert werden können (so COST 2000d, SCV 1996, VAN DER GRIFT & KUIJSTERS 1998). In der oben zitierten Studie hat WOLFF 1994 (inhaltsgleich in IGELMANN 1994) belegt, dass auch eine vielbefahrene Strecke durch die Zwischenräume zwischen Gleis und Schotter gequert wird. Obwohl die zitierte Studie zum Ergebnis kommt, dass Bahnanlagen keine Barriere für die Erdkröte darstellen (Einschränkungen werden u.a. bei Hochgeschwindigkeitsstrecken gesehen) wird dieselbe Studie von VAN DER GRIFT & KUIJSTERS (1998) als Beleg für eine erhebliche Barrierewirkung der Bahn zitiert. Es wird eine unüberwindbare Barriere gesehen, sofern keine Zwischenräume zwischen Schiene und Ballast auftreten. Begehungen an Strecken zeigen jedoch, dass ausreichend große Zwischenräume auf allen Bahnstrecken regelmäßig in kurzen Abständen aufzufinden sind.

HENLE & RIMPP (1994) stellten fest, dass sich die Wechselkröte entlang von Bahnlinien ausbreitete und von dort aus Gewässer in Bahnnähe besiedelte. Die Untersuchung stellte eine Bahnlinie als zentrale Ausbreitungsachse dieser Art im Untersuchungsgebiet heraus. Wanderungen entlang der Bahnlinie und die Neubesiedlung von bahnnahe Gewässern erfolgten auch durch Bergmolch, Teichmolch, Gelbbauchunke, Erdkröte, Kammmolch, Wasserfrosch, Grasfrosch sowie Feuersalamander. SCHAUERMAN & PORRMANN (1989) sowie THIESMEYER (1992) sehen Bahndämme als oft einzige Wanderwege für die Erdkröte im städtischen Raum an.

6.5 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Nichtstoffliche Einwirkungen (Lärm, Erschütterungen, Optische Reize, Anwesenheit von Menschen, Licht, Olfaktorische Reize) im Umfeld von Bahnanlagen

Gesicherte Aussagen zu Beeinträchtigungen von Amphibien durch bahnspezifische nichtstoffliche Einwirkungen sind nach derzeitigem Kenntnisstand nicht möglich.

COST (2000e) vermuten spürbare Auswirkungen des Bahnlärms auf Frösche und Kröten, ohne dies durch Feldstudien zu belegen. Die Studie unterstellt eine Wirkung des Bahnlärms für alle Tierarten,

die akustische Signale zur Paarung oder Reviersicherung nutzen. Auf Grund des diskontinuierlichen Lärms an Schienenwegen besteht zu dieser Annahme Forschungsbedarf.

6.6 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

In Hinblick auf Beeinträchtigungen von Amphibien durch stoffliche Emissionen sind besonders die Herbizide in Betracht zu ziehen. Die (wenigen) Beobachtungen zur Nutzung von Bahnseitengräben durch Amphibien deuten darauf hin, dass eine Beeinträchtigung nicht zu befürchten ist. Es ist darauf hinzuweisen, dass auf Bahnanlagen keine Insektizide verwendet werden. Zu Beeinträchtigungen von Amphibien durch andere stoffliche Einwirkungen sind nach derzeitigem Kenntnisstand keine Aussagen möglich.

BELZ (1982) stellt die durch Herbizide freigehaltenen Seitengräben als Laichhabitate für verschiedene Amphibien heraus und sieht die Stilllegung von Eisenbahnstrecken und Beendigung der Unterhaltung als potentielle Gefährdung der aufgefundenen Populationen an. Bemerkenswert ist, dass die aufgefundenen Amphibienpopulationen die Behandlung der als Laichgewässer dienenden Seitengräben mit Herbiziden tolerieren bzw. auf die Freihaltung der Vegetation sogar angewiesen waren. Da es sich teilweise um isolierte Reliktpopulationen handelt, kann davon ausgegangen werden, dass die dauerhafte Etablierung der Populationen durch die Herbizide nicht beeinträchtigt wurde. Auch ASSMANN (1990) gibt als Laichhabitat für die Gelbbauchunke den Bahnseitengraben einer in Betrieb befindlichen Strecke an, wobei der Bestand den von natürlichen Quellaustritten in der Umgebung übertraf. Nach Auskunft des Bundesamtes für Lebensmittelsicherheit und Verbraucherschutz (FORSTER 2003 mdl.) ist die Zulassung eines Wirkstoffes zur Ausbringung auf dem Gleis nur dann möglich, wenn die Schädigung von Wirbeltieren ausgeschlossen ist.

6.7 Amphibien: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Erkenntnisse zu Beeinträchtigungen von Amphibien durch bahnspezifische mechanische Einwirkungen liegen nicht vor.

6.8 Amphibien: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

- a) Hinweise für die Tierartenerfassung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen
 - Die Erfassung von Amphibien wird empfohlen, wenn Entwässerungseinrichtungen mit Grundwasseranschluss von Ausbaumaßnahmen betroffen sind bzw. wenn die auszubauende Bahnanlage in schluchtartigen, feuchten Einschnitten verläuft. Bei Neubaumaßnahmen oder Maßnahmen die zur Wiederaufnahme des Betriebes oder des Nachtbetriebes führen, ist die Erfassung der Wanderbewegungen von Fröschen von vorrangigem Interesse.
- b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen
 - Für Kröten stellen konventionelle Eisenbahntrassen keine relevanten Barrieren dar.
 - Auf Grund der hohen Sterblichkeit stellen Bahntrassen für Frösche eine relevante Barriere dar. Dies gilt insbesondere bei Strecken mit intensivem Nachtverkehr.

- Für Molche ist nicht abschließend geklärt, ob Bahntrassen tatsächlich Barrieren darstellen und wie die Mortalität einzuschätzen ist.
- Für Hochgeschwindigkeitsstrecken ist auf Grund der Fahrbahnstruktur und des vermutlich erhöhten Soges derzeit keine Aussage zur Barrierewirkung und zum Individuenverlust unter Amphibien möglich.

c) Hinweise zu Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen

- Amphibientunnel und Leiteinrichtungen sind dann gerechtfertigt, wenn Wanderbewegungen von Fröschen gesteuert werden sollen. Beschränken sich die feststellbaren Wanderbewegungen auf Kröten, sind keine Hilfsmaßnahmen gerechtfertigt. Diese können dann geboten sein, wenn durch die Leiteinrichtungen auch anderen Tiergruppen die Querung erleichtert werden soll oder Hochgeschwindigkeitsstrecken entschärft werden sollen.
- Leiteinrichtungen sind darauf hin zu überprüfen, ob sie die Besiedlung des Bahndamms als Lebensraum für Reptilien verhindern oder erschweren.
- Bauzeitlich sollten Kabeltröge während der Wanderungszeiten der Amphibien nicht offen liegen. Sofern das nicht vermeidbar ist, sind Matten oder Strohbällen als Kletterhilfen einzulegen.
- Die Wanderbewegungen an Bahnstrecken zeigen, dass Gewässer in der Nähe von Bahnanlagen besonders rasch von Amphibien besiedelt werden. Da die aus dem Bahnverkehr resultierenden Emissionen verglichen mit dem Straßenverkehr relativ gering sind, ist nicht auszuschließen, dass Rückhaltebecken, die nur durch das Niederschlagswasser aus Schienenwegen gespeist werden (keine kombinierte Einleitung mit Niederschlag aus dem Straßenverkehr), bei entsprechender Gestaltung wertvolle Amphibienlaichgewässer darstellen können. Zwingende Voraussetzung für die eventuelle Anerkennung solcher Gewässer als Kompensationsmaßnahme wäre die Durchführung eines Monitoring-Programms, in dem geklärt werden muss, ob die verbleibenden Schadstoffe sowie ggf. Bahnlärm und Erschütterungen langfristig eine erfolgreiche Reproduktion erlauben.

7. Bahnspezifische Auswirkungen auf Wirbellose durch Aus- und Neubaumaßnahmen von Bahnanlagen

7.1 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Lebensraumverlust und Flächeninanspruchnahme bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsanlagen

Bahnanlagen bilden auf Grund ihrer Sonnenexposition, der hohen Temperatur und der Verzahnung von vegetationsfreien sandigen Stellen mit blütenreichen Staudenfluren wertvolle Lebensräume für xerophile Wirbellose. Die Bedeutung ist besonders für Stechimmen als hoch einzustufen. Auf Bahnhöfen können seltene Heuschreckenarten vorkommen. Typische Waldarten fehlen.

Die Bahnböschungen erhalten ihre Bedeutung für die Wirbellosenfauna vor allem durch ihre vielfältigen Vegetationsstrukturen (KOSTER 1988). Neben den unten ausführlicher dargestellten Artengruppen weist der Autor auf die Bedeutung von Bahnstrecken für Spinnen und Dipteren hin. Auch die Weinbergschnecke scheint auf Bahnanlagen aufzutreten. Der FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ (2001) stellte fest, dass auf neugeschütteten Wällen zunächst euryöke Arten sowie Pionierarten zu finden sind, von Anfang an aber ein Schwerpunkt bei den xerophilen Arten liegt. Nach mehreren Jahren nehmen die Pionierarten zu Gunsten störungsempfindlicher Arten ab. Der Aufbau des Erdbauwerkes hat großen Einfluss auf die Artenzusammensetzung. Sand-Lehm-Gemisch weist auch nach mehreren Jahren noch offene Stellen auf und beherbergt neben Arten der Ruderalflächen einige Arten der Sandtrockenrasen.

Laufkäfer

*ASSMANN (1990) fand auf einem Bahndamm die Sandlaufkäfer *Cicindela sylvicola* und *Cicindela campestris* sowie als teilweise seltene thermophile Haldenbewohner *Amara durta*, *Harpalus calceatus*, *Harpalus honestus* und *Harpalus tardus*. WAHLBRING & ZUCCHI (1994) sowie FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ (2001) stellten auf Bahndämmen eine Dominanz xerophiler Carabiden fest. Mit steigender Urbanität nehmen die hygrophilen Arten und Waldarten noch weiter zu Gunsten der xerophilen Arten ab. WAHLBRING & ZUCCHI (1995) stellten bei einer Untersuchung der Kurzflügelkäfer auf Bahndämmen vor allem ubiquistische Arten fest, darunter allerdings eine Vielzahl eurytoyper xerophiler Species. Daneben waren myrmecophile Arten und auf andere Kleinstlebensräume angewiesene Arten häufig. Typische Waldarten waren dagegen selbst an den walddahnen Standorten selten. Entgegen der Feststellungen zu den Laufkäfern konnte für die Kurzflügelkäfer mit zunehmender Urbanität keine Zunahme der xerophilen Arten und keine Abnahme der Waldarten festgestellt werden. Auf neu geschütteten Dämmen nimmt die Arten- und Individuenzahl mit der Zeit ab, da sich der Raumwiderstand durch die sich entwickelnde Streu erhöht und vegetationsfreie Stellen abnehmen (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001).*

Tagfalter

*Zur Bedeutung von Bahnanlagen für Tagfalter liegen widersprüchliche Studien vor. KOSTER (1988) beschreibt Bahntrassen als besonders artenreiche Tagfalterlebensräume. ASSMANN (1990) fand auf einem in Betrieb befindlichen Bahnabschnitt die bayernweit letzte vitale Population des xerothermophilen Fetthennenbläulings (*Scolitantides orion*), der sich sowohl im Bahndammbereich als auch auf dem Schotterkörper aufhielt, wo er offenbar die klimatischen Besonderheiten dieses Bereiches nutzte. Eine generelle Eignung des Schotterkörpers als Lebensraum für xerothermophile Offenlandarten unter den Tagfaltern wird vom Autor daraus nicht zwingend abgeleitet, da andere Arten mit ähnlichen Ansprüchen fehlten. Vermutlich ist das Vorkommen auf die seltene Kombination des erwärmten Schotterkörpers und der hohen Luftfeuchtigkeit durch die nahe Donau zurückzuführen. Eine systematische Erhebung von Tagfaltern an Eisenbahn- und Straßendämmen im Schweizer Jura ergab dagegen, dass diese keine besonders wertvollen Biotop für Tagfalter darstellen. Unterschiede zwischen Straßendämmen und Bahndämmen wurden nicht herausgearbeitet (GONSETH 1992). COCHET CONSULT (2003) wiesen bei der Untersuchung mehrerer Bahndammabschnitte nur einem Bereich eine hohe Bedeutung für die Tagfalterfauna zu. Der Bereich wurde weitgehend von ruderalisierten Grasbeständen mit vereinzelt Büschen eingenommen. In derselben Untersuchung wiesen die stillgelegten Bahnanlagen durchgehend eine hohe bis sehr hohe Bedeutung für Tagfalter auf. Die Bedeutung von stillgelegten Bahnhöfen für die Tagfalterfauna wird auch von LAUSSMANN & WIEMERT (2001) sowie VAN RAAK u.a. (1984) hervorgehoben.*

Heuschrecken

COCHET CONSULT stellte nach der Untersuchung mehrerer Bahndammabschnitte fest, dass diese nur eine mittlere Bedeutung für Heuschrecken aufwiesen. Auf dem Schotter der freien Strecke konnte jedoch *Oedipoda caerulescens* nachgewiesen werden. HESS (2000) fand auf zwei in Betrieb befindlichen Güterbahnhöfen *Oedipoda caerulescens* (Rote Liste 3) und *Sphingonotus caerulans* (Rote Liste 2), die den gesamten Bahnhofsbereich besiedelten und eine hohe Standorttreue aufwiesen. Die Eiablageplätze fanden sich zwischen den Gleisen. Als weitere Arten der Roten Liste wurden *Oecanthus pellucens*, *Chortippus apricarius* und *Leptophyes punctatissima* auf den untersuchten Bahnhöfen gefunden. Von den insgesamt 20 gefundenen Arten wurden 8 als xerophil eingestuft. Die Autorin vermutet, dass der hohe Gefährdungsstatus von *Sphingonotus caerulans* in Frage steht, da bei der Untersuchung weiterer Bahnhöfe zusätzliche Populationen dieser Art gefunden werden dürften. Dies wird von KÜCHENHOFF (1996), HAMANN & SCHULTE (2002) bestätigt, die auf vier Kölner Bahnhöfen sowie im Ruhrgebiet neben *Oedipoda caerulescens* auch *Sphingonotus caerulescens* feststellen konnte. Die Bedeutung von Bahnhöfen für *Oedipoda caerulescens* wird auch bei der Kartierung für LBP und UVS im Zuge von Ausbaumaßnahmen immer wieder festgestellt. Allerdings besiedelt diese Art auch andere anthropogene Lebensräume. Dagegen konnte KÜCHENHOFF (1996) *Sphingonotus caerulescens* trotz Nachsuche auf Heiden, Industriebrachen und Kiesgruben nur auf Güterbahnhöfen finden. Bahnhöfe sind demnach in der Kulturlandschaft an der nördlichen Verbreitungsgrenze dieser Art ein Schwerpunktlebensraum.

Für den besonnten Gehölzrand entlang einer Bahnböschung konnte ASSMANN (1990) die Laubholz-Sägeschrecke nachweisen, die offenbar die klimatischen Besonderheiten der Bahntrasse nutzte. Häufig wachsen auf den Grenzflächen zwischen Bahngelände und angrenzenden landwirtschaftlichen Flächen blütenreiche Staudenfluren, die auch Lebensraum für Insekten bieten. Auf dem durch landwirtschaftlich intensive Nutzung geprägten Fehmarn kommt das Grüne Heupferd nur in solchen Bereichen entlang der Bahnlinien vor. Die Dämme können eine im Vergleich zum Umland wärmeliebendere Heuschreckenfauna aufweisen. Da hochwüchsige, staudenreiche Bestände vor allem am Hangfuß wachsen, haben dort die auf solche Strukturen angewiesenen Arten (z.B. *Tettigonia*, *Metrioptera*) ihren Schwerpunkt. Dämme ohne Mutterbodenandeckung weisen auch nach mehreren Jahren noch offene sandige Bereiche auf, die von *Oedipoda caerulescens* besiedelt werden (FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ 2001).

Für einige stillgelegte Bahnanlagen stellten COCHET CONSULT (2003) und SCHÄFER (1999) eine hohe Bedeutung fest.

Stechimmen

ASSMANN fand im Bahndammbereich einer in Betrieb stehenden Anlagen zehn Stechimmenarten der Roten Liste, darunter das deutschlandweit einzige Vorkommen von *Normada hirtipes*, einer parasitären Wespenbiene. Insgesamt sind für den Bahnbereich xerothermophile Offenlandarten kennzeichnend. Wichtig ist neben dem stark besonnten und aufgeheizten Charakter des Bahnbereichs der Blütenreichtum im direkten Umfeld. Für Stechimmen sind besonders die vegetationsfreien, sandigen und selten betretenen Randwege der Bahnstrecke interessant. KOSTER (1988, 1991) weist darauf hin, dass ungefähr 40-50% der in den Niederlanden heimischen Bienen- und Wespenarten an Bahnböschungen vorkommen, davon einige seltene Arten. Für Sandbienen nimmt der Autor einen Populationsschwerpunkt für einige Arten auf Bahnanlagen an. Auch der Bienenwolf ist danach am häufigsten entlang von Bahnanlagen anzutreffen.

7.2 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Veränderung der Habitat- und Nutzungsstruktur im Umfeld von Bahnanlagen

Die Habitat- und Nutzungsstruktur wird durch Rückschnittmaßnahmen verändert. Vor allem auf Alt- und Totholz angewiesene Wirbellose könnten hierdurch in Mitleidenschaft gezogen werden. Entlang von Bahnanlagen entstehen häufig extensiv genutzte Übergangsbereiche, auf denen sich wertvolle Lebensräume entwickeln können.

7.3 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Veränderungen der abiotischen Standortfaktoren

Bahnanlagen beeinflussen das Kleinklima ihrer Umgebung. In welchem Umfang dies Auswirkungen auf Wirbellose zeitigt, ist nicht bekannt. Prognosen sind daher nicht möglich.

7.4 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Barrierewirkung, Fallenwirkung, Individuenverlust auf Bahnanlagen

Bahnanlagen bilden erhebliche, aber nicht notwendigerweise absolute Barrieren für flugunfähige Wirbellose. Andererseits werden Schienenwege in erheblichem Umfang als Wanderwege von xerophilen Arten genutzt. Zum Individuenverlust durch den Bahnverkehr liegen keine Untersuchungen vor.

MADER u.a. (1990) konnten in einer vergleichenden Studie feststellen, dass die Barrierewirkung einer eingleisigen Strecke im Offenland etwa um die Hälfte höher war, als die eines asphaltierten Feldweges. 90% der Wanderbewegungen finden demnach entlang der Gleise statt, nur 10% der Bewegungen über die Gleise hinweg. Damit wird deutlich, dass eine eingleisige Strecke eine erhebliche, aber noch keine absolute Barriere darstellt. Bei mehrspurigen Strecken dürfte die Barrierewirkung noch einmal deutlich ansteigen. Ob bei eingleisigen Strecken in Waldgebieten ebenfalls noch Wanderbewegungen feststellbar sind, muss offen bleiben. COST (2001) geht davon aus, dass Eisenbahntrassen für Ameisen, Käfer und Spinnen eine starke Barriere darstellen. Weiterhin wird postuliert, dass Schienenwege für Heuschrecken eine absolute Barriere darstellen. Die Nutzung der Bahntrassen als Ausbreitungsachse für seltene xerophile Heuschrecken und Nutzung von genutzten Gleisbereichen durch dieselben Arten als Lebensraum, die durch HESS (2000) und KÜCHENHOFF (1996) festgestellt wurde, steht dieser Aussage entgegen.

Hinsichtlich der Vernetzungsfunktion wurde im innerstädtischen Raum eine Häufung der typischen Habitatinseln festgestellt. Für flugunfähige Käfer wird eine deutliche Schrankenfunktion durch Stahlbrücken o.ä. angenommen, was die Funktion als Ausbreitungsachse gerade im urbanen Raum, in dem solche Strukturen häufig sind, stark einschränken dürfte. Eine anemophore Verbreitung durch den Zugwind wird nicht ausgeschlossen. Weiterhin ist eine Funktion der Bahndämme als Leitlinie von flugfähigen, sich optisch orientierenden Arthropoden möglich WAHLBRING & ZUCCHI (1995). Die besondere Bedeutung des Bahndamms als Verbindungsachse für zahlreiche Arten wird auch von ASSMANN (1990) festgestellt. Hummeln überqueren Bahnanlagen auf der Suche nach neuen Nahrungsgebieten, bevorzugen aber Nahrungsgebiete, die ohne Querung von Bahnanlagen erreicht werden können (BHATTACHARYA 2003). COST (2001) geht davon aus, dass die Barrierewirkung von Bahnanlagen auf Tagfalter gering ist. Dafür sprechen auch die Beobachtungen von ASSMANN (1990) zur Raumnutzung des Fetthennenbläulings auf einer Gleisanlage.

SCV (1996) vermutet einen erheblichen Individuenverlust an Wirbellosen insbesondere durch den Hochgeschwindigkeitsverkehr.

7.5 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Nichtstoffliche Einwirkungen (Lärm, Erschütterungen, Optische Reize, Anwesenheit von Menschen, Licht, Olfaktorische Reize) im Umfeld von Bahnanlagen

Beeinträchtigungen durch Licht sind auf Bahnhöfen und anderen Sonderanlagen zu erwarten. Auf der freien Strecke sind die Lichtemissionen und damit auch die Auswirkungen vermutlich gering. Aussagen zur Beeinträchtigung von Wirbellosen durch Schienenverkehrslärm, Erschütterungen etc. sind derzeit nicht möglich.

Sie werden für Heuschrecken auf Grund der Paarungsgesänge vermutet. Auf Grund des diskontinuierlichen Lärmereignisses, das von Zügen hervorgerufen wird, muss dies nicht zutreffen. Felduntersuchungen fehlen.

7.6 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Stoffeinträge und Strahlung im Umfeld von Bahnanlagen

Die Beeinträchtigung von Wirbellosen durch Stoffeinträge aus Bahnanlagen wird immer wieder postuliert. Die auf Bahnanlagen siedelnden, teils wertvollen Populationen von Stechimmen, Heuschrecken und Laufkäfern machen deutlich, dass eine massive Gefährdung auf den Bahnanlagen selbst offensichtlich nicht besteht und damit auch für deren Umfeld auszuschließen ist. Es ist hervorzuheben, dass auf Bahnanlagen nie Insektizide ausgebracht werden. Die verwendeten Herbizide wurden auf ihre Toxizität für Insekten überprüft. Negative Auswirkungen auf Insekten sind demnach nicht zu erwarten. Die Folgen thermische Maßnahmen zur Unkrautbekämpfung sind vermutlich methodenabhängig und derzeit nicht abschließend zu beurteilen. Ungeklärt ist die Wirkung von Kupfer, das als einziges Schwermetall durch den Bahnverkehr in nennenswertem Umfang emittiert wird. Da das emittierte Kupfer jedoch nur in sehr geringer Menge von Pflanzen aufgenommen wird (s.o.), scheint auch die Gefahr einer Akkumulation in der Nahrungskette eher gering zu sein.

Der FÖRDERVEREIN GROSSTRAPPENSCHUTZ (2001) konnte bei Probeflächen in einer Entfernung von 20m von einer ICE-Strecke keine betriebsbedingten Veränderungen der Wirbellosenfauna feststellen.

TÜV (1994) schließt nicht aus, dass Kupferakkumulationen im Nahbereich der Strecke (Bahndamm) Konzentrationen annehmen, die für im Boden lebende Mikroorganismen unverträglich sind. ASSMANN (1990) konstatiert eine Vergiftung von Wirbellosen durch den Herbizideinsatz der Bahn, ohne die Frage zu klären, wie die teilweise hochwertigen Bestände von Stechimmen, aber z.B. auch die letzte vitale Population des Fetthennenbläulings in Bayern auf der Bahnanlage halten konnten, obwohl diese seit Jahrzehnten regelmäßig mit Herbiziden behandelt wird. Auch KOSTER (1988) setzt sich mit der Problematik auseinander. Für diesen Autor ist die positive Wirkung der Herbizide für bahndamm-bewohnende Stechimmen unbestreitbar, in Hinblick auf die Umwelt insgesamt empfiehlt er intensivere Forschungen zu nicht-chemischen Mitteln der Vegetationsbekämpfung. Es ist darauf hinzuweisen, dass auf den Bahnanlagen keinerlei Insektizide ausgebracht werden.

7.7 Wirbellose: Beeinträchtigungen durch Mechanische Einwirkungen (Verwirbelung, Tritt, etc.) auf und im Umfeld von Bahnanlagen

Die Verwirbelung kann zur Mortalität von Insekten beitragen (s.o.). Weitere Beeinträchtigungen von Wirbellosen durch bahnspezifische mechanische Einwirkungen sind nicht zu erwarten.

7.8 Wirbellose: Empfehlungen für den Untersuchungsrahmen, die Wirkungsprognose und die Maßnahmenplanung in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

Aus dem oben dargestellten Kenntnisstand lassen sich die folgenden Empfehlungen für LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen ableiten:

- a) Hinweise für die Tierartenerfassung zu Ausbau- und Neubaumaßnahmen
- Bei Ausbaumaßnahmen können in erheblichem Umfang Lebensräume von Stechimmen zerstört werden. Sofern besonnte vegetationsfreie Bereiche von den Ausbaumaßnahmen betroffen sind, ist die Erhebung der Stechimmenfauna sinnvoll.
 - Bahnhöfe mit vegetationsfreien sandigen Gleiszwischenräumen und/ oder mindergenutzten Arealen können wertvolle Heuschreckenlebensräume darstellen. Sofern solche Bereiche von Ausbaumaßnahmen betroffen sind, wird die Erhebung der Heuschreckenfauna empfohlen.

- b) Hinweise zur Wirkungsprognose in LBP, UVS und FFH-Verträglichkeitsprüfungen

- Erhebliche Beeinträchtigungen von Wirbellosen im Umfeld von Bahnanlagen sind durch stoffliche Emissionen nach derzeitigem Kenntnisstand nicht zu erwarten. Es kann nicht ausgeschlossen werden, dass hohe Kupferkonzentrationen Beeinträchtigungen hervorrufen.
- Beim Neubau von Bahnhöfen mit dauernder Beleuchtung sowie sonstigen beleuchteten Sonderanlagen ist eine Beeinträchtigung von Wirbellosen durch Lichtemissionen anzunehmen.
- Bahnstrecken bilden eine erhebliche, aber nicht notwendigerweise absolute Barriere für flugunfähige Wirbellose. Durch Ausbaumaßnahmen kann die Barrierewirkung vorhandener Strecken also erhöht werden.
- Die Barrierewirkung von Bahnstrecken auf flugfähige Wirbellose kann nach derzeitigem Kenntnisstand als eher gering bewertet werden.
- Beim Umbau von Bahnstrecken muss mit der Beeinträchtigung von wichtigen Lebensräumen, besonders von Stechimmen, gerechnet werden. Die zerstörten Lebensräume werden durch die neuen Bahnanlagen in gleicher Weise wieder geschaffen, so dass nicht zwingend von einer nachhaltigen Beeinträchtigung auszugehen ist.

c) Hinweise zu Vermeidungsmaßnahmen

- Spezifische Artenschutzmaßnahmen, die den Schutz bestimmter xerophiler Heuschrecken oder Stechimmen zum Ziel haben, können sinnvollerweise in direkter Nachbarschaft zu Gleisanlagen oder auf Bahnhofsgelände geplant werden. Die Vernetzung der Maßnahmen mit weiteren geeigneten Lebensräumen sowie die Nutzbarkeit der Bahnanlage durch die Zielarten kann so gewährleistet werden. Die Einhaltung von Regelabständen von dem Verkehrsweg ist für solche spezifischen Maßnahmen nicht zu begründen.

8. Tierartenerfassung im Zuge von Ausbaumaßnahmen

Für Tierartenerfassung im Zuge von Ausbaumaßnahmen an Eisenbahnen des Bundes gelten die folgenden Empfehlungen für die Kartierungen auf Bahnbetriebsanlagen:

Tabelle 11: Empfehlung zur Tierartenerfassung bei Ausbaumaßnahmen auf Bahnbetriebsgelände

Lebensräume und Sonderstrukturen auf Bahnanlagen, die bei Ausbaumaßnahmen betroffen sein können.:	Artengruppen							
	Vögel	Fledermäuse	Säugetiere	Heuschrecken	Stechimmen	Tagfalter	Amphibien	Reptilien
Lesesteinhaufen	!							
Vegetationsreiche Entwässerungsgräben (z.B. verschliff)	!		!					
Breite Saumstrukturen und Hochstaudenfluren (breiter als 2m)	!					!		
Alte Bausubstanz mit Nischen/ Hohlräumen etc (Unterführungen o.ä.)		!						
Gewässerdurchlässe etc. mit Mauerwerk		!						
Bahnhöfe mit sandigen und vegetationsfreien Gleiszwischenräumen				!	!			
Bahnhöfe mit mindergenutzten Bereichen/ Bahnbrachen			!	!		!		
Streckenabschnitte mit besonnten, vegetationsfreien und sandigen Bereichen					!			
Vegetationsfreie Seitengräben mit Wasseranstau							!	
Seitengräben mit Grundwasseranschluss							!	
Streckenabschnitte in schluchtartigen Einschnitten							!	
Alle sonnenexponierten Streckenabschnitte mit vegetationsfreien Bereichen								!
Vegetationsreiche Bahndämme			!					

! =Kartierung wird empfohlen

Sofern Lebensräume außerhalb der Bahnanlagen in Anspruch genommen werden, gelten die Hinweise von Anhang 4 des Umweltleitfadens. Die Erfassung von Wanderungsbeziehungen einzelner Artengruppen über die Bahn hinweg sollte sich auf Arten und Artengruppen beschränken, für die Ausbaumaßnahmen tatsächlich ein Problem darstellen können. Entsprechende Vermutungen sind bahnspezifisch zu begründen. Empfehlungen aus dem Straßenbau zur Auswahl der zu kartierenden Arten können grundsätzlich nicht ohne Überprüfung übernommen werden.

9. Wirkungsprognose – Zusammenfassung

In Hinblick auf die Wirkungsprognose wurde verdeutlicht, dass unkritische Übertragungen von Ergebnissen aus dem Straßenverkehr zu einer fehlerhaften Prognose führen können. Dies kann zur Anordnung von überflüssigen Vermeidungsmaßnahmen unter Verkennung der tatsächlichen Problemschwerpunkte führen. Insbesondere in Bezug auf die Kollisionsgefahr und die Barrierewirkung machen die Quellen deutlich, dass pauschalisierte Annahmen, etwa eine einfache Korrelation zwischen Tiergröße und Zerschneidungswirkung, irreführend sein können. Die Prognoseprobleme, die sich durch Unsicherheiten in Bezug auf die künftige Nutzung der Strecke und das verwendete Zugmaterial ergeben, können als vergleichsweise gering eingestuft werden. Zur Abschätzung der Emissionen ist eine detaillierte Betrachtung der Anlagen- und Betriebsparameter unabdingbar.

Wichtige Fragen können derzeit noch nicht als ausreichend belegt gelten. So stützen die meisten Untersuchungen die Annahme, nach der die Erhöhung der Geschwindigkeit zu einer Erhöhung der Individuenverluste unter Huftieren und Vögeln führt. Der derzeitige Kenntnisstand erlaubt jedoch keine Aussagen darüber, welche Geschwindigkeitserhöhungen zu bewertungsrelevanten Verschlechterungen der Ausgangssituation führen und welche Quantitäten angenommen werden können. Nach Einschätzung des Eisenbahn-Bundesamtes ist es jedoch sachgerecht, bei einer erheblichen Erhöhung der Geschwindigkeit, bspw. beim Ausbau einer konventionellen Strecke zu einer Hochgeschwindigkeitsstrecke von einer erheblichen Zunahme des Individuenverlustes auszugehen. Die Auswirkungen der Zugfrequenz auf die Individuenverluste von Vögeln und Säugetieren kann derzeit ebenfalls nicht abgeschätzt werden. Es wird jedoch ausdrücklich vor der Annahme einer linearen, positiven Korrelation zwischen dem Parameter Frequenz und der Mortalität gewarnt. Wären die Zusammenhänge so einfach, müssten die Individuenverluste im Straßenverkehr deutlich höher liegen, als im Schienenverkehr. Wie die Kapitel 3 und 4 gezeigt haben, ist dies jedoch nicht der Fall. Einflüsse des Schienenlärms auf Tiere deuten sich derzeit für Vögel an, auch wenn die Problematik noch nicht als ausreichend untersucht gelten kann. Für weitere Tiergruppen sind derzeit keine abschließenden Aussagen möglich.

In Bezug auf einzelne Tierartengruppen sind die zur Verfügung stehenden Grundlagen für die Wirkungsprognose unterschiedlich. Zu Vögeln und Reptilien liegen zahlreiche Untersuchungen vor. In Bezug auf Amphibien sind vor allem die Barriereeffekte vergleichsweise gut untersucht, während die Beeinträchtigung auf Grund von stofflichen und nicht stofflichen Einwirkungen aus dem Trassenbereich sowie die Eignung trassennaher Bereiche als Amphibienlebensraum nur auf Grund von trassennahen Vorkommen abgeschätzt werden können. Die Quellenlage zu Fledermäusen muss als desolat bezeichnet werden: Hier liegen nur Einzelbeobachtungen vor, die keine Rückschlüsse auf die Beeinträchtigung der Tiere durch den Eisenbahnverkehr sowie die Nutzung der Bahntrasse als Teillebensraum zulassen. Bedauerlich ist auch das Fehlen systematischer Heuschrecken- und Stechimmenkartierungen an Bahnstrecken. Die Beeinträchtigung empfindlicher Pflanzengesellschaften durch stoffliche Einwirkungen aus dem Bahnverkehr kann auf Grundlage der derzeitigen Untersuchungen nur unzureichend abgeschätzt werden.

In Hinblick auf Hochgeschwindigkeitsstrecken und –trassen kann festgestellt werden, dass mit Ausnahme der Mortalität von Vögeln keine Ergebnisse vorliegen. Da sich die Fahrbohlenoberfläche und andere Parameter deutlich von konventionellen Strecken unterscheiden können (z.B. „feste Fahrbohle“), können sich insbesondere in Hinblick auf die Barrierewirkung abweichende Effekte einstellen. Andere Systeme des spurgeführten Verkehrs, wie die Magnetschwebebahn, weisen in Hinblick auf Fahrspur und Emissionen so starke Abweichungen auf, dass die Übertragbarkeit der Ergebnisse zu Bahnanlagen grundsätzlich in Frage gestellt werden muss.

In Hinblick auf die Frage der Eignung von Bahnanlagen als Lebensraum für diverse Artengruppen verspräche eine systematische Sichtung der für den Ausbau von Bahnanlagen durchgeführten Kartierungen einen deutlichen Wissenszuwachs. In Bezug auf Beeinträchtigungsart- und Umfang durch bahnspezifische Wirkfaktoren sind jedoch weitere Grundlagenuntersuchungen unverzichtbar, da sich auch LBP und UVS zu Eisenbahnvorhaben weitgehend auf Annahmen und Erfahrungen aus dem Straßenbau stützen.

Zur Bearbeitung von Gutachten in Eingriffsregelung, Umweltverträglichkeitsprüfungen und FFH-Verträglichkeitsprüfungen im Rahmen der Planfeststellung von Bahnanlagen besteht nach wie vor nicht unerheblicher Forschungsbedarf. Aus Sicht der Planfeststellungsbehörde sind vorrangig solche Sachverhalte zu klären, die Arten und Lebensräume der FFH-Richtlinie betreffen und daher in besonderer Weise entscheidungsrelevant werden könnten. Dies gilt insbesondere für die folgenden Themenkomplexe:

- Beeinträchtigung von Fledermäusen durch Individuenverlust und Verlärmung im Bahnverkehr
- Beeinträchtigung von gehölbewohnenden Vögeln durch Verlärmung
- Korrelation zwischen Geschwindigkeits - Frequenzerhöhung und Individuenverlust
- Beeinträchtigung von oligotrophen Lebensräumen durch bahnspezifische Emissionen
- Beeinträchtigung von Wirbellosen durch Kupferemissionen
- Beeinträchtigung von Unterwasservegetation durch Einleitungen von Niederschlagswasser aus Gleisanlagen
- Barrierewirkung von Hochgeschwindigkeitszügen und –trassen, bzw. die feste Fahrbahn
- Anreicherung von bahnspezifischen Emissionen in Organismen entlang der Bahn und Ermittlung ihrer Ökotoxizität
- Reichweite der Herbizidauswirkung in umliegende Bereiche unter den Bedingungen der deutlich verbesserten Applikationstechniken
- Eignung von durch Gleisabwässern beeinflussten Bereichen als Amphibienlebensraum
- Nutzung der Bahnanlage durch Säugetiere

10. Konzeption von trassennahen Gestaltungs-, Vermeidungs- und Kompensationsmaßnahmen - Diskussion

Kompensationsmaßnahmen im Nahbereich von Verkehrsstrassen werden derzeit häufig nicht anerkannt. Dies wird u.a. mit den massiven Emissionen und Störungen begründet, denen Lebensräume entlang von Verkehrsstrassen ausgesetzt sind. Die vorangehend aufgeführten Ergebnisse lassen jedoch erkennen, dass diese Problematik bei Schienenwegen nicht mit dem Straßenverkehr vergleichbar ist. Die Emissionen, insbesondere an elektrifizierten Strecken, die mit Zugmaterial betrieben werden, das dem Stand der Technik entspricht, bleiben in Menge und Reichweite weit hinter den Gegebenheiten des Straßennetzes zurück. Als relevante Einflussgrößen verbleiben hier letztlich Kupfer- und Herbizidausträge. In Bezug auf den letzten Emissionstyp ist festzustellen, dass hinsichtlich der Ausbringungstechnik, Kontrolle und der Bandbreite der verwendeten Mittel die Regelungen zum Schutz der Umwelt weit schärfer sind als auf landwirtschaftlichen Flächen, auf denen im Gegensatz zu Bahnbetriebsflächen auch Insektizide ausgebracht werden. Die Belastung von trassennahen Lebensräumen mit Herbiziden dürfte daher geringer sein als von Biotopen in Nachbarschaft zu landwirtschaftlichen Flächen. Als weiterer relevanter Emissionstyp ist Kupfer zu nennen, das bis zu 10m Abstand vom Gleis erhöhte Konzentrationen aufweisen kann. Weiterhin sind Beeinträchtigungen durch Individuenverlust und Verlärmung in Rechnung zu stellen, die, wie oben beschrieben, gravierender sein dürften, als bislang angenommen. Insgesamt lässt sich feststellen, dass sich die Ablehnung von Kompensationsmaßnahmen im Nahbereich der Trasse für das Schienennetz nicht annähernd so stichhaltig begründen lässt wie für das Straßennetz.

Dagegen stehen vor allem thermophile Arten, die den Bahnkörper nachhaltig als Lebensraum nutzen. Es ist weiterhin festzustellen, dass in Bahnanlagen klimatisch begünstigte, wenig gestörte Bereiche existieren, deren Biotoppotential für den Naturschutz noch nicht annähernd ausgeschöpft ist, da es nur durch gezielte Bau- und Managementmaßnahmen aktiviert werden könnte.

Aus diesen Gründen wird eine differenzierter Bewertung von trassennahen Kompensationsmaßnahmen sowie künftige Gestaltung des Trassennahbereichs vorgeschlagen:

Maßnahmen für thermophile Tierarten und Tierartengruppen: Dazu gehören insbesondere Reptilien, Stechimmen, Heuschrecken etc. Diese nutzen häufig die gesamte Trasse erfolgreich als Lebensraum. Maßnahmen für diese Tierarten können daher unmittelbar an den Gleisbereich anschließen, da auch die herbizidbedingt freigehaltenen Bereiche wichtige Teil-Lebensräume darstellen. Die Lage von Kompensationsmaßnahmen in unmittelbarem Anschluss an das Gleis stellt eine optimale Vernetzung der neuen Lebensräumen mit vergleichbaren Lebensräumen der Arten sicher. Voraussetzung der Anerkennung muss immer eine aktive, zielartenorientierte Gestaltung der Flächen sein.

Vom äußersten Gleis bis zu einer Entfernung von 10m sollte geprüft werden, ob durch entsprechende Gestaltung des Erdkörpers sowie Managementmaßnahmen Offenlandbiotop entwickelt werden können. Bei der Einstellung in die Bilanzierung sind die verbleibenden negativen Einflüsse der Trasse als Abschläge zu berücksichtigen. Die Maßnahmen sind in Absprache mit der zuständigen Naturschutzbehörde durch ein Monitoring zu begleiten.

Ab einem Abstand von 10m vom äußersten Gleis sind keine Einschränkungen der ökologischen Wirksamkeit durch stoffliche Emissionen mehr anzunehmen. Einschränkungen in Hinblick auf Kompensationsmaßnahmen können sich durch die Lärmbelastung bei entsprechend empfindlichen Organismen (Vögel) ergeben.

Berücksichtigung der Individuenverluste bei der Gestaltung des Trassennahbereichs: Es kann als ausreichend belegt gelten, dass nah an die Gleise heranreichende Gehölzvegetati-

on den Individuenverlust durch Verstellung der Sichtbeziehungen und Versperrung der Abflugwege erhöht. Der ornithologische Wert trassennaher Gehölze ist auch auf Grund der Verlärmung in Frage zu stellen. Gehölzpflanzungen sollten nur dann erfolgen, wenn dies zu Schutz des Orts- und Landschaftsbildes, zur Akzeptanzsteigerung der Anlage bei der Bevölkerung sowie zur Erdbausicherung wirklich notwendig ist. Weiterhin sind Gehölzriegel in einiger Entfernung vom Gleis sinnvoll, um Vögel zur Querung der Trasse in größerer Höhe anzuregen. Auch auf der gleisabgewandten Seite von Lärmschutzwänden etc. sind Gehölzmaßnahmen unproblematisch. In allen anderen Fällen ist zu prüfen, ob die Entwicklung von Offenlandlebensräumen möglich ist.

11. Kommentiertes Literaturverzeichnis

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Aichele, D.	1972	Was blüht am Abstellgleis?	In: Kosmos	68 (5)	219-222	
Die Eigenschaften von Gleisanlagen als Wuchsstandort werden beschrieben. Es folgt ein Abriss der häufigsten Pflanzen auf Gleisanlagen in Bayern.						
Adolphi, K.	1996	Anthropogene lineare Strukturen als Wuchsstätten und Ausbreitungswege von Arten	In : Vegetationsökologie von Habitatinseln und linearen Strukturen. Tagungsbericht des Braunschweiger Kolloquiums vom 22.-24.11. 1996. Braunschweiger Geobotanische Arbeiten,	Bd. 5	271-273	
Eisenbahnen werden als Ausbreitungswege florenfremder, wärmeliebender Therophyten (<i>Saxifrage trydactylites</i> , <i>Holosteum umbellatum</i>) beschrieben.						
ASSMANN, O.	1990	Pflege- und Entwicklungsplan NSG „Donauleiten von Passau bis Jochenstein“	Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Regierung von Niederbayern			
Der Pflege- und Entwicklungsplan untersucht ein ökologisch hochwertiges Gebiet, dass auch von einer in Betrieb befindlichen Bahntrasse gequert wird. Die Bedeutung der Bahnanlage im Vergleich zu umliegenden Bereichen wird deutlich. Die Bahntrasse als Lebensraum für Reptilien, Amphibien, Stechimmen, Laufkäfer, Heuschrecken und Tagfalter wird beschrieben.						
ASSMANN, O.	1999	Vom Tal der Echsen und Schlangen	In: Nationalpark	3/99	40-45	
Wie ASSMANN (1990) mit Schwerpunkt auf Ökologie, Verbreitung und Gefährdung von Äskulapnatter und Smaragdeidechse.						
ASSMANN, O.	2002	Schutzmaßnahmen für die Smaragdeidechse	In: ELBING, K & NETTMANN, K.-H. (Hrsg.): Smaragdeidechsen - Mertensiella	13	251-268	
Wie ASSMANN (1990) mit Schwerpunktsetzung auf Konzeption von und Erfahrungen mit Ausgleichsmaßnahmen für Smaragdeidechsen.						
Andersen, R. et.al.	1991	Moose-Train Collisions : Effects of Environmental Conditions.	In : Alces	27 (1991)	79-84	Schwe- disch
Die Gefährdung von Elchen durch Kollisionen mit Zügen in Abhängigkeit von Witterung und Gestaltung des Trassenumfeldes wird beschrieben.						
Bakker, R.	1997	Reinforcement of environmental values along railway- infrastructure: An integrated approach.	In: Ministry of Transport, Public Works and Water Management : Habitat Fragmentation	1997	316-326	Eng- lisch

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
			& Infrastructure. Pro- ceedings of the interna- tional conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engi- neering, 17.-21. Sep- tember 1995 in Maas- tricht and The Hague, the Netherlands			
Überschlägige Darstellung zum ökologischen Wert der Bahnanlagen in den Niederlanden. Beschreibung des Ausbaupro- gramms der Niederländischen Schienenwege. Es werden Beispiele für Ökologische Begleitplanungen und Vernetzungsein- richtungen für Bahnausbaumaßnahmen beschrieben.						
Baldauf, G.	1988	Verunglückte Vögel am Bahndamm	In: Falke	1988	129-130	
Artenzusammensetzung und Verteilung der Bahnopfer an einer Bahnstrecke in einem waldreichen Mittelgebirgstal.						
Bauer, H.-G.	2000	Feststellungen der Vogelverluste durch Stromtod an Mittelspannungsleitungen (>1kV) und Oberleitungen der Deut- schen Bahn AG	Gutachten im Auftrag des Bundesamtes für Naturschutz		51	
Auswertung der vorhandenen Literatur zum Vogelschlag an Mittelspannungsleitungen der Bahn sowie Oberleitungen. Es werden Beobachtungen angeführt, nach denen der Weißstorch häufiges Stromschlagopfer an Oberleitungen der Bahn ist. Tunnel werden von Waldkäuzen häufig als Tageseinstände aufgesucht. Dies führt zu erhöhten Opferzahlen. Durch Vögel ausgelöste Kurz- und Erdschlüsse führen zu wirtschaftlich spürbaren Schäden der Deutschen Bahn.						
Barandun, J.	1991	Amphibienschutz an Bahnlinien	In: Natur und Land- schaft	66 (5)	305	
Der Kurzbeitrag gibt wertvolle Beobachtungen zur Gefährdung von Amphibien in Abhängigkeit vom Fluchtverhalten wieder. Während Molche und Kröten bei Gefahr nicht reagieren oder sich ducken, springen Frösche auf und geraten damit in den Sog des überquerenden Zuges. Mit dieser Beobachtung lassen sich die entgegengesetzten Beobachtungen und Einschätzungen von REH (1991) zu Grasfröschen und WOLFF (1994) zu Erdkröten erklären.						
Bhatta- charya, M. u.a.	2003	Are roads and railroads barriers to bumblebee movement in a temperate suburban conservation area	In: Biological Conserva- tion	109 (2003)	37-45	Eng- lisch
Durch Markierungen und Umsetzungsexperimente an Hummeln wurde die Barrierewirkung von Straßen und Bahnstrecken untersucht. Beide Infrastrukturen wurden von Hummeln überquert, dies geschah jedoch verhältnismäßig selten. Es wurde eine überraschend ausgeprägte Ortstreue der Hummeln festgestellt, die eine Einschätzung der Barrierewirkung erschwerte, da Querungen von blütenarmen Bereichen ohnehin selten statt finden, was eine Isolierung einzelner Lebensräume bewirkt. Es wird angenommen, dass Infrastruktureinrichtungen die Isolierung weiter verstärken.						
Beller, J & Kairies, M.	1992	Natur am Bahndamm – Zur Bedeutung von Bahnanlagen für den Naturschutz	In: Bauernblatt/ Land- post	1992/ 10	89-91	
Kurzer Abriss über bahnbegleitende Biotope unter besonderer Berücksichtigung der Grenz- und Restbiotope.						
Belz, A.	1982	Eisenbahneinschnitte als Amphibienle- bensräume – mit einem Hinweis auf eine Kreuzkrötenpopulation im Süd-	In: Natur und Heimat	42 (1)	16-21	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
		westfälischen Bergland				
<p>Bericht über Reliktpopulationen verschiedener Amphibien in Bahnseitengraben im Bereich von Einschnitten einer gerade still gelegten Bahnstrecke. Die abiotischen Bedingungen für das Überleben der verschiedenen Arten werden erörtert. Die Unterhaltung der Bahnanlagen wird als Bedingung für das Überleben der Populationen hervorgehoben und die Gefahren der Stilllegung beschrieben.</p>						
Bergers, P.	1997	Versnippering door railinfrastructuur – Een verkennende studie	IBN-Rapport	262 (ISSN: 09228-6888)		Nieder- län- disch
<p>Vergleichende Studie zur Barrierewirkung von Schienenwegen im Vergleich zum Straßenverkehr. Die Barrierewirkung wird für verschiedenen Tierarten beschrieben und in Algorithmen für die Barrierewirkung, Sterblichkeit und Störung übersetzt. Die Herleitung der Algorithmen ist bei Kenntnis der herangezogenen Literatur als mutig zu bezeichnen. Die Aufteilung nach Vögel, großen, mittleren und kleinen Läufern wird den beobachteten artspezifischen Unterschieden nicht gerecht und ist nicht weiterführend. Der Versuch der Pauschalierung ist gerade hinsichtlich der zielgerichteten Anordnung von Vermeidungsmaßnahmen kritisch zu werten.</p>						
Blanke, I.	1999	Erfassung und Lebensweise der Zauneidechse (<i>Lacerta agilis</i>) an Bahnanlagen	In: Zeitschrift für Feldherpetologie	6	147-158	
<p>Übersicht über die Nutzung einer Bahntrasse als Lebensraum der Zauneidechse mit Aussagen zu Eiablageplätzen, Raum-Zeit-Verhalten, Fluchtreaktionen und Reaktion auf Unterhaltungsmaßnahmen sowie die Abschätzung auf Lärmschutzmaßnahmen als Gefährdungsfaktor für Eidechsen.</p>						
Blanke, I. & Podloucky, R.	2000	Zur Verbreitung rotrückiger Zauneidechsen (<i>Lacerta agilis</i>) in Niedersachsen	In: Die Eidechse	11/ 3	85-95	
<p>Die Ausbreitung einer Zeichnungsmutante der Zauneidechse entlang künstlicher Ausbreitungsachsen (v.a. Bahnanlagen) wird dokumentiert.</p>						
Böker, T.	1990	Zur Ökologie der Smaragdeidechse <i>Lacerta viridis</i> am Mittelrhein	In: Salamandra	26 (1)	19-44	
<p>Habitatstruktur der Smaragdeidechse in verschiedenen Lebensräumen am Mittelrhein, darunter einem Bahndamm.</p>						
Brandes, D.	1993	Eisenbahnanlagen als Untersuchungsgegenstand der Geobotanik	In: Tuexenia	13	415-444	
<p>Synopse zahlreicher geobotanischer Untersuchungen zu Eisenbahnanlagen. Schwerpunktthemen sind die Zusammenfassung der standörtlichen Besonderheiten, Ausbreitungsmöglichkeiten, Auflistung der Arten, die in Mitteleuropa eine deutliche Bindung an Eisenbahnschwerpunkte erkennen lassen, Höhenverbreitung dieser Arten, der floristischen Besonderheiten von Bahnhofsbrachen, der freien Eisenbahnwege einschließlich der Bahndämme, innerstädtische Eisenbahn-Böschungen, Bahnübergänge stillgelegter Strecken. Die Bedeutung von Bahnanlagen als Wuchsort für seltene Pflanzen wird diskutiert. Erschöpfende und noch aktuelle Zusammenschau der relevanten Arbeiten. Weitere Arbeiten des Autors zu Einzelfragen des Themenkomplexes sind der Bibliographie von BRANDES 1990 entnommen werden.</p>						
Brandes, D.	1990	Bibliographie zur Vegetation und Flora von Eisenbahnanlagen	In: Excerpta Botanica	25	1-29	
<p>Umfassende Bibliographie zum Thema.</p>						

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Büscher, D.	1999	Zur Ausbreitung einiger Pflanzenarten entlang von Verkehrswegen im mittleren Westfalen.	In: Floristische Rundbriefe	33 (2)	93-97	
Die Vernetzungsfunktion von Verkehrsanlagen für einige einheimische Pflanzen in Nordrhein-Westfalen wird beschrieben.						
Büscher, D.	1995	Einiges zur Bahnflora des Ruhrtales bei Witten und Hattingen.	In: Decheniana	148	9-13	
Die Bedeutung von Bahnanlagen in Nordrhein-Westfalen als Rückzugsraum für zahlreiche Arten wird beschrieben.						
BUWAL	2002b	Schadstoffreduktion von Dieselmotoren im öffentlichen Verkehr	Umweltmaterialien	?		
Emissionssituation und Möglichkeiten der Schadstoffreduktion im öffentlichen Verkehr. Einige Artikel befassen sich mit dem Schienenverkehr, hier insbesondere mit der PM 10-Belastung.						
BUWAL (Hrsg.)	2002 a	PM 10 – Emissionen des Verkehrs	Umweltmaterialien	Nr. 144		
Die Emissionen von Feinstäuben aus dem Schienenverkehr wurde durch zwei Messreihen abgeschätzt. Die früheren Schätzungen zum Beitrag des Schienenverkehrs zur PM 10 Gesamtbelastung wurden drastisch reduziert. Entlang einer viel befahrenen Strecke wurden leichte Erhöhungen der PM 10 – Emissionen gemessen, die jedoch weit unter relevanten Grenzwerten bleiben und sich vorwiegend aus Eisenoxiden sowie mineralischen Aufwirbelungen zusammensetzen. Organische Bestandteile spielen dagegen kaum eine Rolle.						
BUWAL (Hrsg.)	2002	Entwässerungsverhalten und Schadstoffaustrag von Gleiskörpern	Umweltmaterialien	Nr. 149		
Das Entwässerungsverhalten und der Schadstoffaustrag von neu gebauten Gleiskörpern, die aus Kiessand bzw. Elektroofenschlacke errichtet wurden und eine Planumoberfläche aus Bitumen, gewalztem Kiessand, gewalzter Elektroofenschlacke, Heißmischtragschicht oder Heißmischfundationsschicht aufwiesen, wurde hinsichtlich der Parameter Abfluss, Schadstoffaustrag und Gleistemperatur untersucht.						
BUWAL (Hrsg.)	2001	Zerschneidung von Lebensräumen durch Verkehrsinfrastrukturen – COST 341	Schriftenreihe Umwelt Bern	Nr. 332		
Vergleich der Umweltauswirkungen verschiedener Verkehrsträger mit Schwerpunkt auf die Straße. Auf das spezifische Wirkungsprofil der Bahnanlagen wird nur bei einigen Themen eingegangen. Bei anderen Themen finden pauschale Übertragungen von Ergebnissen aus dem Straßenverkehr statt. Für das vorliegende Thema aufschlussreich sind die vergleichenden Statistiken zur Mortalität von Reh, Hirsch und einigen Vogelarten an Eisenbahnen und Straßen.						
BUWAL (Hrsg.)	1992	Bodenverschmutzung durch den Strassen- und Schienenverkehr	Schriftenreihe Umwelt Bern	Nr. 185		
Auflistung der verkehrsspezifischen Schadstoffe. Die Quelle enthält Angaben zu möglichen Schadstoffemittenten im Schienenverkehr und zur Schwermetallbelastung entlang von Schienenwegen. Die Ergebnisse werden in gleicher Weise für den Straßen- wie für den Schienenverkehr erhoben.						
Carpenter,	1994	The environmental impact of railways			167	Eng-

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
T.G.						lisch
<p>Darstellung der Umweltauswirkungen von Bahnanlagen. Das Buch gibt einen Überblick über die Geschichte der Eisenbahn in Großbritannien, den Ablauf und die Methodik der UVS sowie einen kursorischen Überblick über die wichtigsten Auswirkungen mit dem Schwerpunkt auf nichtstofflichen Emissionen, Energieverbrauch, Landschaftsbild und Denkmalschutz.</p>						
Cochet Con- sult	2003	UVS zur ABS/NBS Karlsruhe/ Basel Planfeststellungsabschnitt 9.0	Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der DB BauProjekt GmbH			
<p>Die UVS umfasst die Kartierungsergebnisse und Bewertung zu trassennahen Lebensräumen und div. Tiergruppen (Amphibien, Vögel, Heuschrecken, Reptilien u.a.). Es wurde festgestellt, dass bahnahe Hecken eine verringerte Brutvogeldichte im Vergleich zu bahnfernen Hecken aufwiesen. Weiterhin wurden bemerkenswerte Populationen verschiedener Reptilien beschrieben. Die Bedeutung der untersuchten Bahndämme für Heuschrecken und Tagfalter war in den meisten Fällen mittel, in einem Fall wurde ein hochwertiger Bestand aufgefunden. Die Bedeutung von Bahnbrachen für Wirbellose wurde als hoch eingestuft.</p>						
Corsmann, M. u.a.	1996	Maßnahmen zur Vermeidung und Minimierung der Kollision von Vögeln mit dem Transrapid auf der Magnet- schnellbahnstrecke Berlin-Hamburg	Bericht der daber- Landschaftsplanung im Auftrag der Magnet- schwebebahn Pla- nungsgesellschaft		22	
<p>Übersicht der Kollisionsgefährdung durch verschiedene Infrastrukturen unter Einschluss der Eisenbahn und Magnetschwebebahn. Aus den Beobachtungen werden hochgerechnet für die geplante, aber nicht gebaute Magnetbahnstrecke Hamburg-Berlin 300 Kollisionen pro Kilometer pro Jahr angenommen. Als Maßnahmen gegen den Vogelschlag wird empfohlen, dass landwirtschaftliche Umfeld durch Steuerung der Anbaufrüchte für Rastvögel unattraktiv zu machen, die Schaffung von deckungsreichen Landschaften, die das Massenaufreten von Vögeln erschweren, Wasserflächen zu entfernen, Nahrungsgelegenheiten in Entfernung zur Trasse zu schaffen und Schutzwände zu bauen.</p>						
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2003	Habitat Fragmentation due to Trans- portation Infrastructure – How to avoid habitat fragmentation caused by trans- portation infrastructure	European Handbook	Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instnat.be/		Eng- lisch
<p>Handbuch als Auswertung der Berichte der Mitgliedsstaaten. Wissenschaftliche Grundlagen zur Zerschneidungsproblematik mit Schwerpunkt auf Straßen. Zu Schienenwegen finden sich nur vereinzelte Aussagen, die meist pauschal ähnliche oder gleiche Wirkungen wie durch Straßen annehmen. Der Schwerpunkt und der besondere Wert des Handbuches liegt auf der Konzeption von Vermeidungsmaßnahmen. Hinsichtlich von Zäunen wird als Konvention vorgeschlagen, diese auf Gefahrenbereiche zu beschränken.</p>						
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2000 a	Habitat Fragmentation due to Trans- portation Infrastructure – French State of the Art Report	Draft 2000	Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instnat.be/		Eng- lisch
<p>Der Schwerpunkt aller COST 341-Reporte liegt auf dem Straßenverkehr. Der Report zitiert einige Untersuchungen zum Vogelschlag an Bahn- und speziell an TGV-Strecken.</p>						

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2000 b	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure – National State of Art – Report Norway	Version May 2000		Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instatat.be/	Eng- lisch
Der Schwerpunkt aller COST 341-Reporte liegt auf dem Straßenverkehr. In Hinblick auf Eisenbahnen wird vor allem die Kollisionsproblematik von Rentieren und anderem Großwild thematisiert.						
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2000 c	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure – Swedish State of Art	Version May 2000		Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instatat.be/	Eng- lisch
Der Schwerpunkt aller COST 341-Reporte liegt auf dem Straßenverkehr. In Hinblick auf Eisenbahnen wird vor allem die Kollisionsproblematik von Wölfen, Rentieren und anderem Großwild thematisiert.						
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2000 d	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure – United Kingdom National State of the Art Report	Version 2000		Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instatat.be/	Eng- lisch
Der Schwerpunkt aller COST 341-Reporte liegt auf dem Straßenverkehr. Der britische Report enthält interessante Angaben zur Sterblichkeit des Dachses durch Eisenbahnen.						
COST 341 European Co-Operation in the Field of Scientific and Technical Research (COST)	2000 e	Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure – Netherland State of the Art Report			Aktuelle Fassung unter : http://cost341.instatat.be/	Eng- lisch
Der Schwerpunkt aller COST 341-Reporte liegt auf dem Straßenverkehr. Die Feststellungen zur Zerschneidungswirkung von Bahnanlagen fußen in erster Linie auf BERGER (1997), siehe dort.						
COWLES, F.	1972	Railroad-caused Fires: What starts them, what keeps them going.	In: Fire Control Notes	33	12-14	Eng- lisch
Die Temperaturen im Umfeld von Bahnanlagen sind um 1-3 Grad Fahrenheit höher und die Luftfeuchtigkeit um 1-3% niedriger als auf Vergleichsflächen. Dies wird auf die Wärmeabstrahlung der Trasse, der durch den Zugverkehr erhöhten Windgeschwindigkeit und der Einstrahlung im Trassenbereich zurückgeführt. Leider werden keine Angaben zur Reichweite dieser Unterschiede gemacht. Die mikroklimatischen Besonderheiten sind für die im Umfeld von Bahntrassen erhöhte Waldbrandgefahr verantwortlich.						
Cuisin, M.	1992	Influence de la construction de la ligne	L'oiseau et R.F.O.	62	12-27	Fran-

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
		du TGV-Atlantique sur les oiseaux dans la forêt dominiale de Dourdan (91)				zösisch
<p>Der Artikel befasst sich mit den Auswirkungen einer neuen TGV-Trasse durch ein Waldgebiet. Die Auswirkungen wurden durch Transekte ermittelt. Es waren nur geringe Auswirkungen feststellbar. Die geringen Verschiebungen im Artenspektrum können durch die neu entstandenen Habitats entlang der Trasse erklärt werden. Auswirkungen durch Lärm über den eigentlichen Trassenkorridor hinaus waren dagegen nicht feststellbar. Die Interpretation dieser Quelle bereitet vor allem in Zusammenschau mit TULP (2002) Probleme. Dort wird detailliert belegt, dass die Verlärmung durch eine Bahntrasse den Lebensraum von Wiesenvögeln ähnlich beeinflusst, wie dies von Straßen anzunehmen ist. Für die noch stärker akustisch orientierten Waldvögel wäre ein ähnliches Ergebnis zu erwarten gewesen. Entweder sind die Ergebnisse für Wiesenvögel stärker auf visuelle Beunruhigung zurückzuführen, als auf Verlärmung oder Unterschiede der Betriebsführung, wie z.B. die Zugfrequenz spielen eine wichtige Rolle. Bedauerlicherweise gibt die Quelle zu wichtigen Betriebscharakteristika wie Frequenz, Geschwindigkeit und Lärm keine Auskunft.</p>						
De Roeck, A.	1984	De Flora en Fauna van spoorwegen	Natura Limburg	117	822-858	Niederländisch
<p>Übersicht über die Vegetation auf Bahnanlagen in Belgien sowie kursorische Bearbeitung der Fauna. Die hohe Bedeutung und der hohe Artenreichtum von Bahnanlagen wird hervorgehoben.</p>						
Hild, J. u.a.	1996	Vogelschlagverhütung – Erfahrungen aus dem Luftverkehr	Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Magnetschwebbahn-Planungsgesellschaft		55	
<p>Die Erfahrung mit verschiedenen technischen und biologischen Vergrämungsmethoden aus dem Luftverkehr werden dargestellt. Die Wirksamkeit der eingesetzten Mittel war in allen Fällen entweder nicht oder nur vorübergehend gegeben bzw. wirkte nur auf bestimmte Vogelarten.</p>						
Deutsche Bahn AG	1995	Landschaftspflegerischer Begleitplan zum Bau der Ausbaustrecke Stendal-Uelzen, Planfeststellungsabschnitt 21-23	Unveröffentlichtes Gutachten			
<p>Kartierung einer Eidechsenpopulation an einer teilungsbedingt stillgelegten Bahnstrecke. Es wurde eine Population von mehreren hundert Exemplaren der Zauneidechse festgestellt.</p>						
Deutsche Bahn AG	1997	Umweltverträglichkeitsstudie und Landschaftspflegerischer Begleitplan zum Bau einer Schnellumschlaganlage für den kombinierten Verkehr Standort Lehrte	Unveröffentlichtes Gutachten			
<p>Bestandsaufnahme einer Reptilienpopulation auf dem Güterbahnhof Lehrte in Niedersachsen. Der Güterbahnhof wurde als größte bekannte Population in Niedersachsen eingestuft. Das Gutachten entwickelt Schutz- und Umsiedlungsmaßnahmen.</p>						
Deutsche Bahn AG	2000	Umweltbericht 2000				
<p>Schwerpunkt auf Energieverbrauch und Produktion von klimarelevanten Schadstoffen sowie die Minderung der Lärmemission.</p>						
Deutsche Bahn AG	2003	Einführung der DS 997-9114 – Vogelschutz an Oberleitungen	Betriebsinterne Norm der Deutschen Bahn			

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Maßnahmen zur Verminderung des Vogelschlags an Oberleitungen der Deutschen Bahn. In Zusammenarbeit mit Experten und Naturschutzvereinen hat die Deutsche Bahn diese technische Richtlinie erarbeitet, die nach Vorstellung der DB bei Neu- und Umbauten an Oberleitungen dann Anwendung finden soll, wenn wertvolle Vogelbestände im Umfeld festgestellt werden.</p>						
Eggers, T. u.a.	2001	Bewuchsentwicklung und Bildung typischer Pflanzenbestände auf Gleisanlagen	In: Nachrichtenblatt Deutsch. Pflanzenschutz.	53 (4)	91-97	
<p>Ergebnisse eines Forschungsauftrages der Deutschen Bahn zur Vegetationsentwicklung auf Bahnanlagen ohne Herbizideinsatz. Für die verschiedenen Wuchsstandorte werden die Standortbedingungen und die typischen Arten dargestellt. Der Artikel geht auch auf herbizidresistente Arten und die Ursache der Resistenzen ein.</p>						
Eggers, T. § Zwerger, P.	2002	Langjährige Bewuchsentwicklung auf Randwegen von Gleisanlagen	In: Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz	Sonderheft XVIII	167-174	
<p>Ergebnisse eines Forschungsauftrages der Deutschen Bahn zur Vegetationsentwicklung auf Randwegen. Die auf dem Randweg wachsenden Arten und ihr Deckungsgrad werden aufgelistet. Der Artikel enthält eine wertvolle Zusammenstellung zur Entwicklung der Vegetationsbekämpfung auf Bahnanlagen in der Nachkriegszeit. Die verwendeten Mittel werden aufgelistet. Die Auswirkungen des Pflanzenschutzgesetzes auf die Mittelauswahl wird klar erkennbar.</p>						
Eggers, T. § Zwerger, P.	1999	Bewuchsentwicklung und Bildung typischer Pflanzenbestände auf Gleisanlagen	Unveröffentlichte Stellungnahme der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft			
<p>Lebensbedingungen und Artenspektrum der Gleisvegetation.</p>						
Eisenbahn-Bundesamt (EBA)	2003	Information zur Abgasemission aus Schienenfahrzeugen	Bericht (Internet-Veröffentlichung unter www.eisenbahn-bundesamt.de)		28	
<p>Zusammenfassung der für Emissionen aus dem Schienenverkehr geltenden Vorschriften und technischen Regelwerke.</p>						
Ernst, W.H.O.	1998	Invasion, dispersal and ecology of the South African neophyte <i>Senecio inaequidens</i> in The Netherlands: From wool alien to railway and road alien	Acta Bot. Neerl.	41 (1)	131-151	Englisch
<p>Autökologie, Herkunft, Verbreitungsgeschichte von <i>Senecio inaequidens</i>. Ausbreitungsmechanismen bei der Verbreitung durch den Schienenverkehr, dem für die Ausbreitung von S.i. größere Bedeutung zugemessen wird, als der Straße.</p>						
Exo, K.-M. & Hennes, R.	1980	Beitrag zur Populationsökologie des Steinkauzes- eine Analyse deutscher und niederländischer Ringfunde	Die Vogelwarte	30	162-179	
<p>Analyse von Ringfunden für den Steinkauz, Daten zur Mortalität und ihrer Ursachen. Die Daten lassen erkennen, dass das Kollisionsrisiko bezogen auf den Streckenkilometer im Schienenverkehr höher ist als im Straßenverkehr.</p>						
Feder, J.	1990	Flora und Vegetation der Bahnhöfe	Ber. naturhist. Ges.	132	123-149	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
		Hannovers	Hannover			
19 Bahnhöfe in Hannover wurden kartiert. Die pflanzensoziologischen Ergebnisse werden dargestellt. Dabei wurden zahlreiche Neophyten aber auch Arten der Roten Liste festgestellt.						
Förderverein Großtrappenschutz e.V.	2003	Monitoring zu den bau- und betriebsbedingten Auswirkungender ICE-Trasse Berlin-Hannover im Naturschutzgebiet „Havelländisches Luch“ – Arbeits und Ergebnisbereich 2001	Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der PDBE			
Mehrjähriges Monitoring entlang einer ICE-Strecke in Hinblick auf Großtrappen. Arthropoden, Heuschrecken, Laufkäfer, Spinnen. Einige Probeflächen liegen auf einem bahnbegleitenden Wall. Die Studie konnte keine Unterschiede in der Wiederbesiedlung innAbhängigkeit zur Entfernung von der Bahntrasse feststellen.						
Gibeau, M. & Herrero, S.	1998	Roads, Rails and Grizzly Bears in the Bow River Valley, Alberta	In: Proceedings International Conference on Wildlife Ecology and Transportation (ICO-WET) vom 09.-12.02.1998 in Fort Myers, Florida		104-108	Englisch
Nutzung von Randbereichen der Verkehrsinfrastruktur durch Grizzly-Bären sowie Mortalität durch Kollisionen. Der Artikel legt den Schwerpunkt auf Straßen.						
Glue, D.	1971	Ringing recovery circumstances of small birds of prey	Birds study	18	137-146	Englisch
Darstellung der Wiederfunde und Todesursachen für Waldkauz, Schleiereule, Steinkauz, Turmfalke, Sperber anhand einer Beringungsaktion in den sechziger Jahren. Die Mortalität durch den Schienenverkehr lag bei allen oben genannten Arten mit Ausnahme des Sperbers gleich oder annähernd gleich hoch wie im Straßenverkehr, obwohl auch in diesem Zeitraum das Straßennetz wesentlich umfangreicher war, als das Bahnnetz. Insbesondere die absoluten Zahlen der im Straßenverkehr verunglückten Vögel dürften aber zwischenzeitlich weit höher liegen. Der Autor vermutet auch auf Grund der Unzugänglichkeit von Bahnanlagen weit höhere Opferzahlen durch diesen Verkehrsträger sowie eine Erhöhung der Kollisionswahrscheinlichkeit durch höhere Zugdichte und –geschwindigkeiten.						
Gonseth, Y.	1992	La faune des Lepidoptères diurnes des talus routiers et ferroviaires du Jura neuchâtelois	Mittelungen der Schweizerischen Entomologischen Gesellschaft	65	413-430	Französisch
Systematische Tagfaltererhebung an Bahn- und Straßendämmen. Dabei wurde festgestellt, dass diese keine besonders wertvollen Lebensräume für Tagfalter darstellen. Unterschiede zwischen Bahn- und Straßendämmen wurden vom Autor nicht thematisiert, sind aus den Artenlisten aber auch nicht ablesbar.						
Groot Bruinderink, G.W.T.A. & Hazebroek, E.	1996	Ungulate Traffic collisions in Europe	Conservation Biology	10 (4)	1059-1067	Englisch
Statistischer Überblick über die Gefährdung von Huftieren durch Verkehrskollisionen. Für Elche wird der Erfolg von landchaftspflegerischen Maßnahmen, sowie von Reflektoren und Repellents beschrieben.						
Günther, E.	1996	Salamandra salamandra bernardezi in	In: Zeitschrift für Feld-	3	1-18	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
		Oviedo, Spanien: Ein Schwanzlurch als Stadtbewohner	herpetologie			
<p>Die Verbreitung des viviparen Feuersalamanders <i>Salamandra salamandra bernardezi</i> entlang einer Bahnlinie im Stadtgebiet wird beschrieben. Die Ergebnisse lassen sich wegen der besonderen Fortpflanzungsbiologie des untersuchten Ökotyps sowie der klimatischen Gegebenheiten nicht auf deutsche Verhältnisse übertragen.</p>						
Havlin, J.	1987	On the importance of railway lines for the life of Avifauna in Agrocoenoses	In: Folia Zoologica	36 (4)	345-358	Eng- lisch
<p>Die Bedeutung von Eisenbahnstrecken in Agrarlandschaften für die Avifauna wird beschrieben. Die Mortalität durch Zugkollisionen wurde ebenfalls erfasst, im Verhältnis zu den positiven Wirkungen jedoch als nachrangig eingestuft. Die Daten zur Mortalität stehen im Gegensatz zu den Angaben von LÖSEKRUG, SCV, MENZ und JÖHNK die wesentlich höhere Werte feststellten.</p>						
Haensel, J. & Rackow, W.	1996	Fledermäuse als Verkehrsoffer – ein neuer Report	In: Nyctalus	6 (1996) 1	29-47	
<p>Wiedergabe des Wissenstandes zu Verkehrsoffern unter Fledermäusen. Der Artikel konzentriert sich auf den Straßenverkehr, da nur hier aussagekräftige Daten vorliegen. Der Autor vermutet ähnlich hohe Mortalitätsraten im Eisenbahnverkehr und mahnt systematische Studien zu diesem Thema an.</p>						
Hamann, M. & Schulte, A.	2002	Heuschrecken-Lebensräume der Industrielandschaft Ruhrgebiet	In: LÖBF-Mitteilungen	1 (2002)	31-35	
<p>Die Heuschreckenfauna von Industrieflächen und –brachen im Ruhrgebiet wird beschrieben. Dabei wird das Vorkommen der seltenen Sandschrecke <i>Sphingonotus caeruleus</i> hervorgehoben, die im Ruhrgebiet ausschließlich auf in Betrieb befindlichen Bahnanlagen vorkommt. Sie findet sich hier vergesellschaftet mit der Blauflügeligen Ödlandschrecke.</p>						
Hedo, D. u.a.	1999	Improving performance of Roads and Railways for wildlife Conservation	In: Evink, G. (Hrsg.): Proceedings on the Third International Conference in Wildlife Ecology and Transportation.		ohne Seiten	Eng- lisch
<p>Bericht über die Konzeption eines Monitoring-Programms zur Hochgeschwindigkeitsstrecke Madrid-Französische Grenze. Die Folgeeinschätzungen beruhen auf Grundannahmen, die nur teilweise befriedigend hergeleitet werden. Die Ergebnisse der fortlaufenden Monitoring-Programme waren nicht verfügbar.</p>						
Henle, K. & Rimpp, K.	1994	Ergebnisse einer 26jährigen Erfassung der Herpetofauna in der Umgebung von Rutesheim und Renningen, Kreis Böblingen, Baden-Württemberg	In: Jh. Ges. Naturkde. Württemberg	150	194-209	
<p>Bericht über ein langjähriges Erfassungsprogramm. Die Bedeutung eines Bahndamms als zentrale Ausbreitungsachse in einer im wesentlichen landwirtschaftlich geprägten Umgebung u.a. für die Wechselkröte, wird dargestellt.</p>						
Henle, K.	1996	Möglichkeiten und Grenzen der Analyse von Ursachen des Artenrückgangs aus herpetofaunistischen Kartierungsdaten am Beispiel einer langjährigen Erfassung	Zeitschrift für Feldherpetologie	3	73-101	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Beschreibung im Titel. Der Artikel enthält eine Einschätzung der Zerschneidungswirkung einer Autobahn und einer S-Bahn im Vergleich. Danach ist die Barrierewirkung durch eine Autobahn feststellbar, während eine S-Bahn die rasche Besiedlung neu geschaffener Gewässer nicht verhinderte.						
Heß, C.	2000	Xerothermophile Orthopteridea im urbanen Raum: Habitatwahl und Artenzusammensetzung am Beispiel des Sekundärlebensraumes Güterbahnhof	In: Mitt. Dtsch. Ges. Allg. Angew. Ent.	12	299-301	
Beschreibung von Güterbahnhöfen als Lebensraum xerothermophiler Heuschreckenarten unter besonderer Berücksichtigung der blauflügeligen Sandschrecke und blauflügeligen Ödlandschrecke.						
Hohla, M. u.a.	2000	Neues zur Flora der oberösterreichischen Bahnanlagen – mit Einbeziehung einiger grenznaher Bahnhöfe Bayerns	In: Beitr. Naturk. Oberösterreichs	9	191-250	
Zusammenstellung der auf Bahnanlagen gefundenen Arten der Roten Liste Österreichs. Die Liste beinhaltet 10 ausgerottete oder verschollene Arten, 12 vom Aussterben bedrohte Arten, 15 stark gefährdete Arten und 46 gefährdete Arten.						
Hohla, M. u.a.	1998	Floristisches von den Bahnanlagen Oberösterreichs	In: Beitr. Naturk. Oberösterreichs	6	139-301	
Beschreibung der Wuchsbedingungen für Pflanzen auf Bahnanlagen sowie soziologische und ökologische Beschreibung der Vegetationszusammensetzung anhand von Aufnahmen auf mehreren Bahnhöfen in Österreich. Die Herbizidanwendung wird ausführlich diskutiert.						
Hoerschelmann, H.	1992	Ornithologische Stellungnahme zu der geplanten Fahrleitung der Bundesbahn im Streckenabschnitt Schleswig-Flensburg	Unveröffentlichtes Gutachten im Auftrag der Deutschen Bundesbahn			
Literatúrauswertung und Beschreibung von Konfliktschwerpunkten durch die Elektrisierung der Strecke Kiel-Flensburg in Bezug auf Kollisionen von Vögeln mit der Oberleitung.						
Hübner, G.	2000	Wasserdurchlässe einer stillgelegten historischen Bahnlinie als Fledermauswinterquartier	In: Nyctalus	7(2000) 3	243-250	
Die Bedeutung von Wasserdurchlässen und Unterführungen einer stillgelegten Bahnlinie für verschiedene Fledermausarten wird erläutert. Dabei wird besonderer Wert auf Kleinstrukturen der historischen Bausubstanz gelegt.						
Hübschen, C.	1999	Aufgegebene Eisenbahntrassen in Westfalen	Siedlung und Landschaft in Westfalen – Geographische Kommission für Westfalen & Landschaftsverband Westfalen-Lippe	26		
Darstellung der Nutzung und Verwertung von aufgegebenen Bahntrassen in Westfalen.						
Hügin, G. u.a.	1995	Geranium purpureum – Ein weit verbreiteter Neophyt auf Eisenbahnschotter in Südwestdeutschland	In: Floristische Rundbriefe	29 (1)	37-41	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Beschreibung der Ausbreitungsgeschichte und Standortansprüche von G.p. Die Tauglichkeit an Herbizidanwendung und die klimatischen Verhältnisse wird beschrieben.						
Hunt, A. u.a.	1989	Movement of mammals through tunnels under railway lines	In: Australian Zoologist	24 (2)	89-93	Eng- lisch
Untersuchung zur Nutzung verschiedener Durchlasstypen unter einer Bahnstrecke durch die australische Fauna.						
Igelmann, E.	1994	Zum Einfluss von Bahndämmen auf das Wanderverhalten von Erdkröten	In: Zusammenfassungen. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Herpetologie und Terrarienkunde		22	
Bericht über die Auswirkungen von Schienen auf Erdkröten. Danach können Bahntrassen unter Zuhilfenahme von Gleiszwischenräumen überquert werden. Es kommt nur in Ausnahmefällen zum Tod der Tiere. Dieselbe Untersuchung ausführlicher bei WOLFF 1994						
Johansson, A. & Larsson P.-O.	1999	Djurpakörningar inom Norra banregionen Untersuchungsraum ett miljö- och arbetsmiljöperspektiv	Hrsg.: Banverket – Norra Banregionen-Bansystem (keine Schriftenreihe mit Nummerierung)			Schwe- disch
Die Quelle enthält Statistiken zu Bahnkollisionen mit Elchen und Rentieren unter Berücksichtigung der jahreszeitlichen Spitzen sowie anderer Rahmenbedingungen sowie eine Beschreibung der Folgekosten. Verschiedene Vermeidungsmaßnahmen werden bewertet. Funktionsgerechte und gewartete Einzäunungen senken die Kollisionsrate demnach signifikant. Ähnliches gilt für Vegetationsrückschnitte. Die Wirksamkeit der Abschreckung durch Licht oder Düfte wird hingegen in Frage gestellt.						
Jöhnk, H.	2001	Tieropfer an der Bahnstrecke im Dänischen Wohld	Jb. Heimatkunde Eckerneförde	2001	259-264	
Bericht zur Mortalität von Vögel durch die Bahnstrecke Flensburg-Kiel. Besonders häufig wurde danach der Bussard Bahnopfer. Auch Waldkauz, Fasan und Ringeltauben wurden häufig gefunden. Der Bericht geht auf besonders gefahrenträchtige artspezifische Verhaltensweisen ein. Die Statistik enthält auch Angaben zu getöteten Säugetieren und Amphibien.						
Juchler, S. & Stichler, H.	1984	Junge geschüttete Böden – eine Untersuchung von Böden an Straßen- und Bahndämmen der Nordschweiz unter Berücksichtigung der Vegetation	Z.f. Kulturtechnik und Flurbereinigung	25	24-31	
Die Bodenstruktur- und -entwicklung an jungen geschütteten Böschungen wird untersucht und Vegetationsaufnahmen ausgewertet. Die Studie kommt zum Ergebnis, dass Böschungen überwiegend mesophile Glatthaferwiesen tragen und auf Grund der Dammschüttung auch keine Trockenvegetation zur erwarten ist. Es werden Vorschläge zur aktiven Gestaltung der Dämme während der Dammschüttung gemacht, die erst die Voraussetzungen schaffen, damit Dammböschungen als Trockenstandorte in Frage kommen. Die Studie ist bedeutsam, da deutlich wird, dass das Potential von Eisenbahntrassen als wertvolle Rückzugsräume für trockenliebende Arten nur dann ausgeschöpft werden kann, wenn bereits die erdbauliche Konzeption der Dämme auf dieses Ziel ausgerichtet wird. Das dieser Mehraufwand durch den Vorhabenträger nur bei gleichwertigen Vorteilen getragen wird, dürfte einleuchten.						
Klein, A.	1982	Vergleich der Vegetation an Eisenbahn- und Nationstrassenböschungen im Kanton Baselland	In: Ber. geobot. Inst. ETH	49 (1982)	118-126	
Vergleich der Böschungen von Straßen und Eisenbahnen. Es wird festgestellt, dass die Analyse nach Zeigerwerten für die Bahnböschungen trockenere Verhältnisse vermuten lässt und mehr Arten des Bromion auftreten.						

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Klewen, R.	1988	Verbreitung, Ökologie und Schutz von <i>Lacerta agilis</i> im Ballungsraum Duisburg/ Oberhausen	In: Mertensiella	1	178-194	
Darstellung der Verbreitung der Zauneidechse im Ballungsraum. Die besondere Bedeutung der Bahndämme als Lebensraum und Ausbreitungssachse wird betont. Gefährdung der Zauneidechse durch TrassenStilllegung und Reaktion auf Herbizideinsatz werden beschrieben.						
Knapp, R.	1961	Vegetationseinheiten der Wegränder und der Eisenbahn-Anlagen in Hessen und im Bereich des unteren Neckar	Ber. Oberhess. Ges. F. Natur- und Heilkunde zu Gießen	31	122-154	
Beschreibung der Pflanzengesellschaften besonders im Bahnhofsbereich. Der Autor stellt fest, dass sich die Umgebungsvegetation in der Zusammensetzung der Vegetationseinheiten widerspiegelt, stellt aber auch typische Pflanzengesellschaften und Sukzessionsabfolgen fest.						
Kohler, M.	2000	Inventory and Emission Factors of Creosote, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons (PAK) and Phenols from Railroad Ties, Treated with Creosote	In: Envir. Sci. Technol.	34	4766-4772	Englisch
Qualitative und Quantitative Einschätzung der Einträge von krebserregenden Stoffen aus behandelten Schienen in das Umfeld.						
Kornacker, P.	1993	Populationsökologische Untersuchungen an einer Bahndamm-Population von <i>Lacerta vivipara</i> im Rheinland	In: Salamandra	29 (2)	97-118	
Für die Waldeidechse wurde die Barrierewirkung einer eingleisigen Bahnstrecke untersucht. Es konnte keine Barrierewirkung festgestellt werden.						
Koster, A.	1991	Spoorwegen, toevluchtsoord voor planten dier			236	Niederländisch
Darstellung der Lebensraumqualität verschiedener Anlagenteile. Koster stellt fest, dass sich vor allem einheimische Pflanzen der Sandstandorte über Bahnstrecken in andere Gebiete ausbreiten. Es wurden über 200 Teilabschnitte (5% der Gesamtlänge) im niederländischen Bahnnetz festgestellt, die eine hohe Bedeutung für den Schutz seltener Pflanzen oder Pflanzengesellschaften aufweisen (so z.B. feuchte Heiden und Kalktrockenrasen). Der Autor stellte fest, dass 40-50% der einheimischen Stechimmen auf Bahnanlagen vorkommen und vermutet eine hohe Bedeutung für Tagfalter. Auf Bahnanlagen wurden zahlreiche Amphibien, so z.B. Laubfrosch und Feuersalamander festgestellt, auch Kröten wurden auf einigen Strecken in hoher Zahl gesichtet. Leider macht der Autor kaum Angaben, welche Teile der Anlage von den genannten Arten besiedelt wurden.						
Koster, A.	1988	Insektenbeheer	Wetenschappelijke Mededeling KNNV	187		Niederländisch
Beschreibung von Eisenbahnanlagen als Lebensraum für Insekten im Rahmen einer Zusammenschau zur Bedeutung anthropogener Standorte für Insekten. Die besondere Bedeutung für Stechimmen wird hervorgehoben.						
Kowarik, I. & Langer, A.	1994	Vegetation einer Berliner Eisenbahnfläche (Schöneberger Südgelände) im vierten Jahrzehnt der Sukzession	In: Verh. Bot. Ver. Berlin Brandenburg	127	5-43	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Bedeutung eines großen, stillgelegten Bahngeländes.						
Krause, P.	1997	Auswirkungen eines linienhaften Vorhabens (Eisenbahnstrecke) auf eine Graureiherkolonie	Zeitschrift f. Vogelkd. u. Natursch. in Hessen – Vogel und Umwelt	Sonderheft (1997)	211-220	
Auswirkungen einer neuen Bahntrasse auf eine Graureiherkolonie. Der Verfasser stellt eine deutliche Gewöhnung der Tiere an die Trasse und die Hochspannungsleitung fest. Baubedingten Wirkungen werden eine große Bedeutung zugemessen.						
Kuechenhoff, B.	1996	Die Blauflüglige Sandschrecke <i>Sphingonotus caeruleus</i> in Köln – erster Wiederfund in Nordrhein-Westfalen	Decheniana Beihefte	35	115-120	
Auf Grund eines Einzelfundes wurden alle bekannten Lebensräume der Blauen Ödlandschrecke auf gleichzeitige Vorkommen der stark gefährdeten Blauflüglige Sandschrecke untersucht. Obwohl auch Heiden, Industriebrachen und Kiesgruben untersucht wurden, konnte die Art nur auf Güterbahnhöfen nachgewiesen werden. Die Bedeutung von Bahnanlagen als Ausbreitungssachse für diese xerophile Art wird beschrieben.						
Küstenökologische Forschungsgesellschaft (KüFOG)	1999 a	Untersuchungen zur Häufigkeit und zu Einflussfaktoren von Kollisionsereignissen sowie zum artspezifischen Kollisionsrisiko für Vögel auf der TVE	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Magnetschwebbahn-Planungsgesellschaft		17	
Anzahl und Artenzusammensetzung der auf dem Fahrtisch ansitzenden Vögel. Bei Geschwindigkeiten von 420 km/h wurden doppelt so viele Vögel getroffen wie bei Geschwindigkeiten von 210 km/h. Durch artspezifisches Fluchtverhalten sind vor allem Ringeltaube und Singvögel von Kollisionen betroffen.						
Küstenökologische Forschungsgesellschaft (KüFOG)	1999 b	Maßnahmen zur Minderung von Nutzung und Querung des Fahrweges durch Vögel – Untersuchung an der TVE in Lathen	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Magnetschwebbahn-Planungsgesellschaft		12	
Sitzwarten in Nähe der Strecke führen zu einer gewissen Minderung der Attraktivität des Fahrtisches als Ansitzwarte für Greifvögel. Viele ansitzenden Vogelarten entwickeln eine Routine beim Ausweichen vor dem Fahrzeug. Der Anflug erfolgt über die Fahrtischkante.						
Küstenökologische Forschungsgesellschaft (KüFOG)	1999 c	Ökologische Untersuchungen an der Magnetschnellbahn-Versuchsanlage in Lathen (Emsland)	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Magnetschwebbahn-Planungsgesellschaft		9	
Die Querungshäufigkeit der Trasse war in reich strukturiertem Gelände höher als in ausgeräumten Bereichen. In ausgeräumten Bereichen wird der aufgeständerte Fahrtisch häufiger als Ansitzwarte genutzt.						
Küstenökologische Forschungsgesellschaft (KüFOG)	1999 d	Avifaunistische Untersuchungen zu Vermeidungs- und Minimierungsmaßnahmen von Kollisionsereignissen – Untersuchungen an der Transrapid-Versuchsanlage Emsland (TVE)	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der Magnetschwebbahn-Planungsgesellschaft		19	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Zusammenfassung der oben stehenden Berichte. Hochrechnungen für die geplante, aber nicht gebaute Magnetschnellbahnstrecke Hamburg-Berlin gehen ohne Schutzmaßnahmen von 300 Kollisionen pro Kilometer pro Jahr. Risikofaktoren wie Nahrungs- und Deckungssuche im Gleis spielen bei der Magnetschwebbahn keine Rolle, dafür sind das Ansitzen und das Aufsuchen von Pfützen auf dem Fahrtsch als spezifisches Risikoverhalten auf diesem Verkehrsträger zu sehen. Singvögel machten 46 % der Kollisionen aus, Tauben 43%, Rabenvögel 7,3 % und Greifvögel und Falken 2,3 %. Da die Testfahrten nur tags durchgeführt wurden, sind Aussagen zur Gefährdung nachtaktiver Vögel oder Fledermäuse nicht möglich.</p>						
Kuzmin u.a.	1996	Amphibians of Moscow Province – Contribution, ecology and conservation	In: Zeitschrift für Feldherpetologie	3	19-73	Englisch
<p>Die Quelle enthält einen Einzelhinweis auf die Mortalität von Fröschen durch Bahnverkehr.</p>						
Laermann, H.-T.	1996	Vegetationskontrolle auf Gleisanlagen	In: Mitteilungen der Biologischen Bundesanstalt für Land- und Forstwirtschaft	319		
<p>Darstellung des Zulassungsverfahrens und des Prüfkataloges für Pflanzenschutzmittel. Beschreibung der derzeit zugelassenen Wirkstoffe und ihrer Gefährlichkeit. Einschätzung des Umweltbundesamtes zur Problematik.</p>						
Langemach, T. & Sömmmer, P.	2001	Seeadlerverluste an Bahnstrecken im Land Brandenburg		unveröffentlicht – Statistik des Landesumweltamtes Brandenburg		
<p>Statistik zur Mortalität von Seeadlern in Brandenburg an Bahnlinien. es wurden von 1994 bis 2001 22 Opfer festgestellt. Die Opfer wurden vor allem im Winterhalbjahr festgestellt. Von 22 gefundenen Seeadlern konnte in zwei Fällen Stromschlag als Todesursache festgestellt werden.</p>						
Laube, M.	2001	Berichterstattung zum Projekt „Untersuchungen zum Raumnutzungsverhalten der Östlichen Smaragdeidechse (<i>Lacerta viridis</i>) in den Passauer Donauleiten“	Zusammenfassung einer Diplomarbeit am Lehrstuhl für Zoologie der TU München			
<p>Diplomarbeit über den Bestand von Smaragdeidechsen an einer Bahnstrecke in Bayern. Die Verteilung der Reptilien auf dem Bahngelände wird beschrieben. Die Faktoren, die die Verteilung der Eidechsen auf dem Bahngelände bedingen werden beschrieben.</p>						
Lauer, H.	1998	Ein bedeutsames Vorkommen der Mauereidechse am Bahnkörper nördlich von Offenburg	In: Zeitschrift für Feldherpetologie	5	55-64	
<p>Darstellung zur größten Population der Mauereidechse in Deutschland, die sich auf einem Bahndamm befindet. Bei adulten Tieren konnte kein Fluchtverhalten gegenüber fahrenden Zügen festgestellt werden.</p>						
LAUSS-MANN, T. & WIEMERT, T.	2001	Die Großschmetterlingsfauna in der Umgebung des stillgelegten Bahngeländes am Schee	In: Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal	54	89-109	
<p>Untersuchung zu Tagfaltern, Nachtfaltern und Reptilien auf einem stillgelegten Bahnhof. Es wurden 232 Arten nachgewiesen, davon 28 Arten der regionalen und landesweiten Roten Liste.</p>						
Lehmann, H.	1989	Beobachtungen zur Laichwanderung der Molche	In: LÖLF-Mitteilungen	1989		

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Beobachtung zu einer Wanderung von Berg-, Teich- und Kammmolchen im Gleis und teilweise in einer Schiene.						
Lenders, A.J.W.	1996	Dispersie van watersalamanders tij- dens de voorjaarstrek	In: Natuurhistorisch Maandblad	85 (5)	94-100	Nieder- län- disch
Die Wiederbesiedlung von neu angelegten Laichgewässern durch Molche wird beschrieben. Durch die nicht erfolgte Neubesiedlung eines Teiches sowie die Analyse der Wanderbeziehungen zwischen den Teichen wurde eine Zerschneidungswirkung der Bahnlinie festgestellt werden. Diese Schlussfolgerung steht im Widerspruch zu den Ergebnissen von HENLE (1996), der die Besiedlung neuer Gewässer über eine Bahntrasse hinweg innerhalb kurzer Zeit festgestellt hat. Bei beiden in Rede stehenden Bahnstrecken handelte es sich um eingleisige Bahnanlagen. Es ist festzuhalten, dass es sich bei beiden Studien um Einzelfälle handelt, die aufgrund ihrer Widersprüchlichkeit keine Verallgemeinerung erlauben.						
Leschus, H.	1999	Flora der Bahnanlagen im nördlichen Bergischen Land	Jber. naturwiss. Ver. Wuppertal	52	121-198	
Vegetationsbestände von Bahnhöfen im Bergischen Land (Nordrhein-Westfalen)						
Lex, P. & Wittich, K.-P.	2002	Begünstigt das Mikroklima an Bahn- trassen die Entstehung von Bö- schungs- und Waldbränden?	In: AFZ - Der Wald	2/2002	66-70	
Die meteorologischen Besonderheiten an Bahntrassen sowie die Risikobereiche für Waldbrände werden am Beispiel der Waldbrände in der Lüneburger Heide erörtert.						
Lösekrug, R- G.	1982	Vogelverluste durch die Eisenbahn im Raum Göttingen	Angew. Ornithologie	V (6)	263-274	
Untersuchung zu Vogelkollisionen in Abhängigkeit von Geschwindigkeit und Trassenparameter, Hinweise zu Vermeidungsmaßnahmen. Auch wenn die Thematik zwischenzeitlich weiter bearbeitet wurde, gehört der Artikel nach wie vor zu den zentralen Quellen zur Kollisionsproblematik.						
LORENZEN, E. & GOTT- WALD, J.	1992	Die Entwicklung und Verbreitung der Zauneidechse im südlichen Nieder- sachsen – eine Rekonstruktion	In: Verh. der Ges. f. Ökol.	21	409-412	
Darstellung der besonderen Bedeutung von Bahnanlagen als Lebensraum und Vernetzungselemente in Niedersachsen. Demnach siedeln Zauneidechsen in Niedersachsen schwerpunktmäßig auf Bahnanlagen und besiedeln bestimmte Naturräume ausschließlich über diese Verkehrswege, während Straßenränder eine untergeordnete Rolle spielen.						
Lunt, I.D.	1997	Effects of Long-Term Vegetation Man- agement on Remnant Grassy Forests and Anthropogenic Native Grasslands in South-Eastern Australia	Biological Conservation	81	287-297	Eng- lisch
Eisenbahnlinien bilden Rückzugsräume für Arten der offenen Wälder. Untersuchung, inwieweit das regelmäßige Abflämmen der Bahnböschungen zum Erhalt der Biodiversität beiträgt.						
MADER, H.- J. u.a.	1990	Linear Barriers to Arthropod Move- ments in the Landscape	Biological Conservation	54	209-222	Eng- lisch

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Die Zerschneidungswirkung von Eisenbahnen und befestigten sowie unbefestigten Feldwegen hinsichtlich der Wanderbewegungen von Laufkäfern und Wolfsspinnen wurde untersucht. Während bei asphaltierten Wegen für die entlang des Wegrandes gefangenen Laufkäfer für 15% eine Überquerung des Weges festgestellt werden konnte, wurde eine einspurige Bahnstrecke nur von knapp 10% der wieder gefangenen Individuen überquert. Die Bahnstrecke regte dagegen zu Wanderungen entlang der Strecke an. Die Quelle wird häufig als Beleg dafür herangezogen, dass Eisenbahnen eine absolute Barriere für Kleintiere bilden. Tatsächlich kann für eine einspurige Bahnstrecken im Offenland festgestellt werden, dass diese eine erhebliche, aber keine absolute Barriere bilden. Durch mehrspurigen Ausbau von Bahnstrecken kann die Barrierewirkung dieser Anlagen demnach noch einmal erhöht werden.</p>						
Mattheis, A. & Otte, A.	1989	Die Vegetation der Bahnhöfe München-Mühldorf-Rosenheim	In: Berichte der ANL	13	77-143	
<p>Pflanzensoziologische Untersuchung an mehreren Bahnhöfen in Bayern. Abriss der Standortfaktoren. Nennung der wichtigsten herbizidresistenten Gattungen und häufigsten auf Bahnhöfen vorkommenden Arten/ Pflanzengesellschaften. Auswertung der Vegetation hinsichtlich der Zeigerwerte von Ellenberg.</p>						
Menz, H.	2003	Untersuchungen zur Auswirkung von Vogelschutzmaßnahmen an einer Bahnstrecke auf die Avifauna im NSG "Havelländisches Luch".	Diplomarbeit am Fachbereich Landschaftsnutzung und Naturschutz der Fachhochschule Eberswalde			
<p>Untersuchung an einer Hochgeschwindigkeitsstrecke. Beobachtungen zum Überflugverhalten und Raumnutzungsverhalten div. Arten werden ausgewertet. Statistik der Totfunde an der Strecke. Mit 61 toten Vögel/ Jahr / km wurde in dieser Arbeit die höchste Mortalitätsrate aller einbezogenen Studien ermittelt.</p>						
MEYER, H. & WILD, M.	1994	Kontrollprogramm NLS – Überwachung von Amphibienzugstellen im Kanton Aargau.	In: Grundlagen und Berichte zum Naturschutz	8		
<p>Bericht über ein mehrjähriges Monitoringprogramm an Straßen im Aargau zur Mortalität von Amphibien und Funktion von Amphibienleiteneinrichtungen. Der Bericht enthält einen leider nicht näher spezifizierten Bericht über ein „Massaker“ an Amphibien auf einer Strecke der SBB.</p>						
MOHR, I.	1987	Zur Schutzwürdigkeit einer stillgelegten Bahntrasse im Hintertaunus	In: Zeitschrift für Vogelkunde und Naturschutz in Hessen – Vogel und Umwelt	4	281-301	
<p>Botanische und ornithologische Untersuchung an einer stillgelegten Bahntrasse. Die Bedeutung für den Naturschutz wird beschrieben.</p>						
Mutz, T. & Donth, S.	1996	Untersuchungen zur Ökologie und Populationsstruktur der Zauneidechse an einer Bahnlinie im Münsterland	Zeitschrift für Feldherpetologie	3	123-124	
<p>Bedeutung der Bahnstrecken für die Zauneidechse. Habitatnutzung der Bahnanlage. Der Autor hebt die Bedeutung der Inbetriebhaltung der Strecke und der Unterhaltungsmaßnahmen, einschließlich des Herbizideinsatzes für die Zauneidechse hervor. Thermische Verfahren zur Unkrautbekämpfung werden kritisch bewertet.</p>						
Neuwirth, G	1999	Interessante epilithische und epigäische Flechtenfunde an Gleiskörpern und begleitenden Bahnanlagen im Inn- und Hausruckviertel (Österreich)	In: Beitr. Naturk. Oberösterreichs	7	159-167	
<p>Als Lebensraum von Flechten werden Mauern, Gebäude, der Boden zwischen Gleisen, aber auch der Schotter dargestellt.</p>						

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Sprache (keine Angabe = Deutsch)
Niemi, A.	1969	On the railway vegetation and flora between Esbo and Inga, S. Finland	In: Acta Botanica Fennica	83	1-28	Englisch
<p>Untersuchung zur Vegetation einer Bahnlinie in Finnland. Die Bedeutung von Felsanschnitten wird hervorgehoben. Zwischen dem Oberbau und der geschlossenen Wiesenvegetation der Böschung wurde eine artenreiche Übergangszone definiert, in der sich Dominanzgesellschaften verschiedener Arten finden. Die Entwässerungsgräben spiegelten zwar deutlich die feuchten Standortverhältnisse wieder, bildeten aber keine typische Vegetation aus.</p>						
Nowak, B. & Koziol, T	1995	The Ecological Estimation of Health-Resort Wisla for Heavy Metals	In: Polish Journal of Environmental Studies	4 (4)	61-64	Englisch
<p>Die Emissionen verschiedener Verkehrsträger werden zusammenfassend dargestellt. Die Interpretation in Hinblick auf die Emissionen des Bahnverkehrs ist nicht möglich, da in den Darstellungen nicht zwischen Bahnverkehr und Straßenverkehr unterschieden wird. Der Vergleich mit BUWAL 1992 macht deutlich, dass eine Differenzierung besonders hinsichtlich der Bleikonzentration erforderlich gewesen wäre.</p>						
Marzelli	1998	Beobachtungen zur Kollisionsereignissen auf der TVE	Unveröffentlichte Studie OBERMEYER PLANEN UND BAUEN im Auftrag der Magnetschwebebahn Planungsgesellschaft mbH		22	
<p>Kollisionen von Vögeln mit der Magnetschwebebahn auf der Versuchsstrecke im Emsland. Die Kollisionshäufigkeit scheint sich demnach in den Größenordnungen zu bewegen, die für den konventionellen Hochgeschwindigkeitsverkehr bekannt sind. Bestimmte technische Charakteristika der Trasse (aufgeständerter Fahrtisch) beeinflussen die Kollisionshäufigkeit, da der Fahrtisch in ausgeräumten Landschaften als Ansitzwarte genutzt wird. Es wurde eine signifikante Korrelation zwischen der Geschwindigkeit und der Kollisionszahl nachgewiesen. Warnhupsignale setzen die Kollisionswahrscheinlichkeit deutlich herab, während Warn-Lichtblitze ohne nachweisbaren Effekt blieben.</p>						
Odzuck, W.	1978	Einige soziologische und ökologische Auswirkungen von Bahnemissionen auf die Wiesenvegetation.	In: Berichte der Bayerischen Botanischen Gesellschaft.	49	35-42	
<p>Ausführliche Darstellung der von der Bahn ausgehenden relevanten Emissionen. Die Auswirkungen werden auf Probestellen (Rasenvegetation) in verschiedenen Abständen vom Gleis untersucht. Die Anwendbarkeit der umfassenden Studie als Grundlage einer Wirkungsprognose für zukünftige Betriebsanlagen ist jedoch kritisch zu hinterfragen, da sich das Emissionsprofil in einigen Punkten deutlich verändert hat.</p>						
Olsson, V.	1958	Dispersal, Migration, Longevity and death causes of <i>Strix aluco</i> , <i>Buteo buteo</i> , <i>Ardea cinerea</i> and <i>Larus argentatus</i>	In: Acta vertebratica	1 (2)		Englisch
<p>Todesursachen zu den oben aufgeführten Arten unter Berücksichtigung der Bahnopfer. Für den Waldkauz wurden knapp 6% der Todesfälle der Bahn, aber nur 0,54% der Todesfälle dem Straßenverkehr zugeschrieben.</p>						
Partzsch, M. & Kästner, A.	1995	Flora und Vegetation an Straßenrändern und Bahndämmen in Köthen (Sachsen-Anhalt)	In: Hercynia	29	193-214	
<p>Vergleichende Studie zwischen Bahn- und Straßenböschungen. Es wurden allgemein hohe Übereinstimmungen festgestellt. Die Zeigerwerte zeigten nur leichte Unterschiede. Der Anteil der Neophyten war im Bahnbereich höher.</p>						
Passarge, H.	1988	Neophytenreiche märkische Bahngleitgesellschaften	In: Gleditschia	16 (2)	187-197	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Bahnanlagen als Ausbreitungswege für Neophyten. Beschreibung von Neophyten-Gesellschaften für Brandenburg.						
Pilgrim, W. & Hughes, N.	1994	Lead, Cadmium, Arsenic and Zinc in the Ecosystem surrounding a Lead-Smelter	In: Environmental Monitoring and Assessment	32	1-20	Eng- lisch
Die Schwermetallemissionen einer Bleischmelzanlage in Kanada und der zuliefernden Bahnstrecke wurden untersucht. Dabei wurden stark erhöhte Werte für Cadmium, Arsen, Blei und Zink festgestellt. Gegenüber dem unbelasteten Umfeld drastisch erhöhte Werte wurden vor allem bis zu einem Abstand von 10m festgestellt. Die erhöhten Werte müssen offenbar dem zerstreuten Ladegut zugerechnet werden, da andere betriebsbedingte Quellen für diese Belastungen ausscheiden. Die Arbeit lenkt damit den Blick auf die Problematik des Austrages von Ladegut.						
Pittermann, R.	2002	Ermittlung von Basisemissionsdaten des dieselbetriebenen Schienenverkehrs	Abschlussbericht zum Forschungsvorhaben 299 43 111		94	
Emissionsmessungen an diversen Motortypen, die derzeit bei der Deutschen Bahn im Einsatz sind.						
Pons, J.M.	1994	Estimation de la Mortalite a Viaire Estivale sur le Reseau ferroviaire du T.G.V. Nord	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der SNCF			Fran- zösisch
Studie zum Vogelschlag am Hochgeschwindigkeitsnetz in Nordfrankreich. Es wurde eine Kollisionsrate von 38,2 /Streckenkilometer/Jahr festgestellt. Die Artenzusammensetzung weicht, offensichtlich auch auf Grund des Untersuchungszeitraumes stark von der anderer Studien ab, so fehlt z.B. der Bussard unter den Kollisionsopfern. Der Autor vermutet keine Korrelation zwischen Geschwindigkeit und Mortalität. In Zusammenschau mit anderen Studien zum gleichen Thema, insbesondere SCV (1994) und LÖSEKRUG (1984) scheinen jedoch auch die von PONS ermittelten Daten die Vermutung zu stützen, dass eine positive Korrelation zwischen Geschwindigkeit und Mortalität besteht.						
Pons, J.-M. & Claessens, O.	1993	Impact potentiel des deux variantes du trace du TGV Est	Unveröffentlichte Studie im Auftrag der SNCF			Fran- zösisch
Diese Studie beinhaltet keine Grundlagenuntersuchung sondern eine Wirkungsprognose zum Vogelschlag durch ein konkretes Projekt auf der Grundlage der einschlägigen Forschungsergebnisse und der im Gebiet vorkommenden Arten.						
Van Raak, J. u.a.	1984	Het spoorlijntje een uniek natuurgebied op de Belgisch-Nederlandse grens	Wietwaal	50	261-269	Nieder- län- disch
Untersuchung eines stillgelegten Umschlagebahnhofs an der niederländisch-belgischen Grenze. Der Schwerpunkt der Untersuchung liegt auf der Tagfalterfauna.						
RASSMUS u.a.	2003	Methodische Anforderungen für Wirkungsprognosen in der Eingriffsregelung. Ergebnisse aus dem F&E-Vorhaben 989882024 des Bundesamtes für Naturschutz	Angewandte Landschaftsökologie	51		

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Analyse zum Stand der Technik bei Wirkungsprognosen für Verkehrswege. Die bekannten Auswirkungen und Prognosemethoden zur Folgeabschätzung werden mit Schwerpunkt auf den Straßenverkehr untersucht. Die Untersuchung enthält auch einige wertvolle Angaben zu bahnspezifischen Wirkfaktoren und Wirkpfaden. In Hinblick auf den Schienenverkehr steht auch diese Arbeit vor dem Problem der mangelhaften Quellenlage. Nicht als verfügbaren Quellen wurden ausreichend daraufhin untersucht, ob sie in Bezug auf die Emissionsquellen auf die Verhältnisse bei Eisenbahnen des Bundes übertragbar sind. So wurden z.B. die bei der Schweizer Bundesbahn aus Kunststoffbremsen austretenden Asbestemissionen auch für Deutschland angenommen.</p>						
Reck, H	2001	Lärm und Landschaft – Referate der Tagung „Auswirkungen von Lärm und Planungsinstrumente des Naturschutzes „ im Schloss Salzau bei Kiel am 2. und 3. März 2000	In: Angewandte Landschaftsökologie (Hrsg. Bundesamt für Naturschutz)	Heft 44		
<p>Auswirkungen des Straßenlärms auf Brutvögel</p>						
Reh, W.	1991	Populationsbiologische Untersuchungen am Grasfrosch	Dissertation am Fachbereich Biologie der Johannes-Gutenberg-Universität Mainz - unveröffentlicht			
<p>Die Diss. untersucht die Barrierewirkung durch eine Bahnstrecke auf Grasfrösche. Durch genetischen Vergleich konnte eine Trennung der Populationen beiderseits der Strecke nachgewiesen werden, die auf die trennende Wirkung zurückgeführt wird. Mit Kadavern von Erdkröten und Grasfröschen wurde festgestellt, dass diese von einem 150 km/H schnellen Zug empor geschleudert werden, woraus eine hohe Mortalität für Amphibien abgeleitet wird. Beobachtungen an lebenden Tieren haben hingegen ergeben, dass zumindest die Erdkröte durch Ducken den Sogbereich meist ausweichen kann und es bei Schleuderungen durch Sog nicht zu Verletzungen kommt (WOLFF, 1994, IGELMANN 1994). Dagegen muss für Frösche eine höhere Mortalität angenommen werden, die möglicherweise durch das spezifische Fluchtverhalten (Fluchtsprünge) ausgelöst wird (vgl. BARANDUN 1991). Die Studie stützt in Zusammenschau mit WOLFF die Annahme, dass sich die Auswirkungen von Bahnstrecken auf Kröten und Molche einerseits und Frösche andererseits stark unterscheiden.</p>						
Repp, G.	1958	Die Unkrautvegetation auf Bahnkörpern im Hinblick auf die Bekämpfung mit herbiziden Wuchsstoffen	In: Angewandte Botanik	32 (3)	91-104	
<p>Überblick über die Technik der Vegetationsbekämpfung auf Bahngleisen in den fünfziger Jahren. Der Artikel gibt einen Überblick über Problemlagen in Abhängigkeit von den verschiedenen Standorten und den Randeinflüssen. Er enthält einige aus heutiger Sicht haarsträubende Empfehlungen zur Unkrautvernichtung.</p>						
Richardson, S.	1999	Athmospheric emission inventory guidebook	Zur Verfügung gestellt auf der Website der European Environment Agency			Englisch
<p>Zusammenfassung des Kenntnisstandes in Bezug auf die Emissionen verschiedener Verursacher, darunter auch des Schienenverkehrs. Sie enthält eine Zusammenfassung der pro kWh zu erwartenden Emissionen bei verschiedenen Motorklassen.</p>						
Rhigetti, A. & Malli, H.	2004	Einfluss von ungezäunten (Hochleistungs-) Zugstrecken auf Wildtierpopulationen.	Synthesebericht Cost 341, PIU & BiolEx, Bern			

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Die Studie untersucht die Habitatfragmentierung und Veränderungen der Habitatqualität von Säugetieren durch Bahnanlagen und Ausbaumaßnahmen an Bahnanlagen. Dabei wurde festgestellt, dass Bahnanlagen keine wesentlichen negativen Auswirkungen auf die Habitatqualität von Säugetieren aufweisen. Das Nahrungsangebot ist im gehölzfreien Sicherheitsbereich sogar oft überdurchschnittlich. Dagegen verschlechtert der Neu- und Ausbau von Bahnstrecken zumindest kurzfristig die Habitatqualität. Eingleisige Strecken werden von den untersuchten Säugetieren meist problemlos gequert, während viergleisige Bahnstrecken nur noch von wenigen Arten (z.B. Wildschweinen) gequert werden können. Bei zwei- oder dreigleisigen Strecken kommt der Zugfrequenz für die Prognose der Zerschneidungswirkung eine erhebliche Bedeutung zu.</p>						
Rodriguez, A., u.a.	1996	Use of non-wildlife passages across a high speed railway by terrestrial vertebrates	In: Journal of Applied Ecology	33	1527-1540	Englisch
<p>Untersuchung zur Wirksamkeit mehrerer Durchlässe unter einer Hochgeschwindigkeitsstrecke. Dabei wird am Rande auch auf die Durchlässigkeit dieser Strukturen ohne Vermeidungsmaßnahmen eingegangen.</p>						
Rodriguez, A., u.a.	1997	Factors affecting crossing of red foxes and wildcats through non-wildlife passages across a high-speed-railway	In: Ecography	20	287-294	Englisch
<p>wie RODRIGUEZ u.a. 1996. Zusätzlich wird die Schlussfolgerung gezogen, dass Füchse und Wildkatzen die Hochgeschwindigkeitstrecke auch außerhalb der Durchlässe queren.</p>						
Rodriguez, A., & Crema	2000	Las infraestructuras lineales y su efecto barrera sobre los vertebrados	In: Quercus	26	22-27	Spanisch
<p>Darstellung der Gefahren durch Zerschneidung von Tierlebensräumen unter Einschluss der Eisenbahn. Spezifische Aussagen zur Bahn werden nicht getroffen.</p>						
Rotar, J. & Adamic, M.	1997	Wildlife Traffic Relations in Slovenia	In: Ministry of Transport, Public Works and Water Management : Habitat Fragmentation & Infrastructure. Proceedings of the international conference on habitat fragmentation, infrastructure and the role of ecological engineering, 17.-21. September 1995 in Maastricht and The Hague, the Netherlands		86-91	Englisch
<p>Mortalität von Braunbären durch Bahnverkehr in Slowenien.</p>						
Salmaron, P.	1994	Guion de Codornices	In : Ardeola	41 (1)	97	Spanisch
<p>Bericht über einen mit der Bahn kollidierten Wachtelkönigs in Spanien.</p>						
Sargent, C.	1984	Britains´s Railway Vegetation	Forschungsbericht des Institute of Terrestrial Ecology		34	Englisch

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
<p>Die Studie beschreibt auf der Grundlage von 3500 Probeflächen die Eisenbahnvegetation in Großbritannien und ordnet diese pflanzensoziologisch ein. Es wird hervorgehoben, dass Wechsel in Betrieb und Bewirtschaftung deutliche Spuren in der Artenzusammensetzung hinterlassen haben. Nach Einstellung des Dampfverkehrs gingen die Farnvorkommen im Mauerwerk von Bahnanlagen zurück. Der Rückgang des Abflämmens führte zu einer deutlichen Verschiebung der Artenzusammensetzung. Auch das Vorkommen von Kaninchen und die Intensität von Bekämpfungsmaßnahmen steuern die Artenzusammensetzung mit.</p> <p>Die Hochrechnungen auf Grund der Probeflächen ergaben, dass 71% des Bahngeländes durch das Arrhenatheretum elatioris eingenommen werden. Gebüsche der Klasse Rhamno-Prunetea besetzen ca. 12% der Fläche. In den Randbereichen wurden auch feuchte Heideformationen festgestellt.</p> <p>Die Autorin hebt hervor, dass unter Naturschutzaspekten interessante Bereiche in Einschnitten häufiger vorkommen als im Bereich von Dämmen oder Flachstrecken und führt das auf hier breitere Randbereiche und anstehende Mineralböden sowie Gesteinsaufschlüsse zurück.</p>						
Savelsbergh, E.	1990	Floristische Beobachtungen im Bahnhofsbereich Ellerau Nordöstlich Quickborn in Schleswig-Holstein	In: Floristische Rundbriefe	24 (2)	129-131	
Vegetationsaufnahme für eine Bahnhofsbache in Schleswig-Holstein.						
Schädler, M.	1999	Zur Bedeutung von Industrie- und Siedlungsbrachen für die Heuschreckenfauna im urbanen Bereich	In: Naturschutz im Land Sachsen-Anhalt	36	21-32	
<p>Unter den untersuchten Brachflächen der Stadt Halle fanden sich auch drei Bahnbrachen, auf denen die westliche Beißschrecke, der Feldgrashüpfer, die blauflügelige Ödlandschrecke und die blauflügelige Sandschrecke vorkamen. Den in Betrieb stehenden Bahnanlagen wird eine hohe Bedeutung als Refugialraum für Sandschrecke und Ödlandschrecke bei naturschutzgerechter Unterhaltung zugewiesen, worunter der Autor die Pflege unter Verzicht auf Herbizide versteht. Dass sich Sandschrecke und Ödlandschrecke unter den aktuellen Bedingungen auf in Betrieb befindlichen Gleisanlagen ausgebreitet haben, also den Herbizideinsatz ganz offensichtlich tolerieren, wird nicht thematisiert. Auch die Auswirkungen der alternative Methoden der Vegetationsbekämpfung (Heißdampfverfahren) auf die Gleisfauna werden nicht thematisiert.</p>						
Schäfer, A.	2000	Environmental concerns linked to railroad creosote	In: Environmental Science & Technology	2000 December 1	502 A	Englisch
Qualitative und Quantitative Einschätzung der Einträge von krebserregenden Stoffen aus behandelten Schienen in das Umfeld. Europäische Regelungen zum Thema. Probleme bei unregelmäßiger Entsorgung von Bahnschwellen.						
Schliebe, U.	2000	Naturnahe Böschungsbegrünung an einer Eisenbahnstrecke – Bericht aus der Planungspraxis	In: Tagungsbericht – 3. Westheimer Forum vom 29.02.2003 – Begrünungen mit standortheimischem Saat- und Pflanzgut		36-37	
Schilderung einer Anspritzbegrünung.						
Scholz, W.	2002	Möglichkeiten zur Minderung von Diesellok-Emissionen	Bericht der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg			
<p>In einer Studie an süddeutschen Bahnstrecken wurde nachgewiesen, dass die Belastungen der Umgebung durch Verbrennungsgase teilweise erheblich sind und an die Belastungssituation entlang von vielbefahrenen Bundesstraßen heranreicht. Der Autor macht Vorschläge zur Reduktion der Abgasbelastung.</p>						
Schauer- mann, B. & Pormann, T.	1989	Schwellenwerte – Naturschutz auf Bahnbrachen	Publikation der Stadt Essen			

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Darstellung der Bedeutung von Eisenbahnbrachen für den Naturschutz.						
Schwab, U.	1994	Landschaftspflegekonzept Bayern: Dämme, Deiche, Eisenbahnstrecken		Bd. II.2		
Literaturauswertung zum Naturschutzwert von Bahnanlagen in Bayern. Konzeption von Pflegemaßnahmen und Bewertung. Die Bahnanlagen werden als bedeutender Lebensraum für div. Arten herausgestellt. Umfangreiche Literaturübersicht.						
Sociedad Conservacion Vertebrados (SCV)	1996	Mortalidad de Vertebrados en Lineas de Ferrocarril	In : Documentos Tecnicos de Conservacion	1		Spanisch
Die Mortalität von Wirbeltieren (Reptilien, Säugetiere, Vögel) wurde an einer längeren Bahnstrecke erfasst. Neben der Fundliste enthält die Studie Überlegungen zur Streckenparametern, die zur Erhöhung der Mortalität beitragen und versucht den Vogelschlag an Hochgeschwindigkeitsstrecken anzuschätzen. Im Ergebnis wird postuliert, dass die Mortalität von Wirbeltieren durch den Bahnverkehr bisher weit unterschätzt wurde und vor allem für den Hochgeschwindigkeitsverkehr mit bedenklichen Zahlen zu rechnen ist. Hinsichtlich der Gefahrenpunkte kommen die Autoren zu ähnlichen Kriterien, wie LÖSEKRUG (1989), dessen Studie den Autoren offensichtlich nicht bekannt war. Zusammen mit LÖSEKRUG (1989) zentrale Quelle zur Mortalität von Wirbeltieren.						
Sieber, H.	1980	Seeadler vom Eisenbahnzug überfahren	In: Falke	37 (1)	27	
Einzelbericht einer Kollision eines Seeadlers im Bahnverkehr. Die Quelle gibt eine Beobachtung des Unfallhergangs wieder.						
Sound, P. & Schaustein, H.	1997	Neue Vorkommen der Westliche Smaragdeidechse <i>Lacerta viridis bilineata</i> an Mittelrhein und Mosel	Zeitschrift für Feldherpetologie	1997	157-163	
Darstellung neuer Fundorte der Westlichen Smaragdeidechse an Mittelrhein und Mosel. Der größte Teil der Funde gelang auf Bahnanlagen. Die Bedeutung der Bahndämme als Bereiche mit hoher Stabilität der Lebensbedingungen und wichtigen Vernetzungsfunktionen wird dargestellt.						
Spencer, K.G.	1965	Avian casualties	In: Bird Study - Beech Grove	12 (3)	257	Englisch
Beobachtungen zum Vogelschlag durch Bahnstrecken mit dem Schwerpunkt auf Eulen						
Sprick, P..	1998	Nachweise zur Flora Sachsen-Anhalts entlang der Schnellbahnstrecke Hannover-Berlin zwischen Drömling und Schönhauser Heide	In: Mitt. florist. Kart. Sachsen-Anhalt	3	159-173	
Kartierungsergebnisse vor Bau der Neubaustrecke, damit für das hier anstehende Thema nicht relevant.						
Springer, S.	1987	Pflanzengesellschaften im außeralpinen Teil des Kreises Berchtesgadener Land	In: Bayr. Bot. Ges.	58	79-104	
Vergleich von Pflanzengesellschaften an einer Straße und einer Bahnstrecke.						
Stolper u.a.	2003	Verschiedene Methoden der herbizid-	Gutachten der glu-		20	

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
		freien Vegetationskontrolle - Eine vergleichende Untersuchung über die Wirksamkeit und Anwendungsmöglichkeiten im Gleisbereich der Deutschen Bahn (Kurzfassung)	Planungsgemeinschaft im Auftrag der Deutschen Bahn (unveröffentlicht)			
Die Heißdampfbehandlung, manuell-mechanische und manuell-maschinelle Schotterreinigung wurden hinsichtlich ihrer Wirksamkeit untersucht. Diese konnte für alle drei Methoden festgestellt werden. Die Methoden werden hinsichtlich der Wirksamkeit, der betrieblichen Probleme und der Kosten verglichen.						
Stottele, T.	1995	Vegetation und Flora am Straßenrand Westdeutschlands	In: Dissertationes Botanicae	248		
Pflanzensoziologische Untersuchungen vor allem an Straßenböschungen. Der Autor stellt den Vergleich zwischen Halbtrockenrasen und Böschungsbeständen (darunter auch Bahnböschungen) her. Die Böschungsflächen weisen einen hohen Ruderalisierungsgrad auf. Der Bewirtschaftung der Bestände entlang von Verkehrswegen wird eine hohe Bedeutung für die Entwicklung von Halbtrockenrasen zugewiesen.						
Struwe-Juhl, B. & Latendorf, V.	1997	Todesursachen von Seeadlern in Schleswig-Holstein	In: Vogelwelt	118	95-100	
Analyse der Todesursachen bei beringten Seeadlern in Schleswig-Holstein. Der Bahnverkehr machte 20% der Todesfälle, der Straßenverkehr 1% der Fälle aus.						
Suominen, J.	1969	The Plant cover of Finnish railway embankments and the ecology of their species	In: Ann. Bot. Fenn.	6	183-235	Englisch
Studie der Bahndammvegetation in Finnland. Die Standortbedingungen des Bahndammes werden beschrieben und die Unterschiede zwischen nord- und südexponierten Dammlagen sowie der Einfluss der Umgebungsvegetation herausgearbeitet.						
Technischer Überwachungsverein Nord (TÜV)	1994	Umweltverträglichkeitsuntersuchung zur Ausbaustrecke 41 Hamburg-Büchen, Planfeststellungsabschnitt Via (Sachsenwald/Brunsdorf) im Auftrag der Deutschen Bahn AG	Unveröffentlichtes Gutachten			
Emissionen aus dem Bahnverkehr und Bewertung hinsichtlich ihrer Auswirkungen auf die Umwelt: Abrieb, Herbizide						
Thiesmeier, B.	1992	Amphibien und Reptilien im Ballungsraum Ruhrgebiet	In: LÖLF-Mitteilungen	1/92	35-41	
Darstellung der Bestandsentwicklung und –prognose von Amphibien und Reptilien im Ruhrgebiet. Die Bedeutung von Bahndämmen als Vernetzungssachse wird postuliert.						
Tietz, M.	1978	Der Bahndamm und seine Vögel	Falke	12 (3)	257	
Darstellung des Bahndammes als Lebensraum für Vögel. Die Bedeutung der Hecken am Dammfuß aber auch des Gleisbereiches als Nahrungsfundort im Winter wird beschrieben.						
Tikka, P. u.a.	2001	Road and railway verges serve as dispersal corridors for grassland plants.	In: Landscape ecology	16	659-666	Englisch

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Die Funktion von Straßen- und Bahndämmen als Ausbreitungswege für Wiesenarten wird nachgewiesen.						
Tulp, I. u.a.	2002	Effect van treinverkeer op dichtheden van weidevogels	Studie im Auftrag von Railinfrabeheer, Utrecht	Rapport-Nr.02-034		Niederländisch
Dies wertvolle Studie befasst sich mit den Auswirkungen vom Lärm des Schienenverkehrs auf Weidevögel. In der detaillierten Studie wurde belegt, dass die Beeinträchtigungen durch Lärm auf Weidevögel ähnlich zu bewerten sind, wie die des Schienenverkehrs. Es werden Berechnungsverfahren für den Habitatverlust vorgestellt. Inwiefern die Ergebnisse auch auf Waldvögel übertragen werden können ist unklar. Zwar sind die waldbewohnenden Vögel noch stärker akustisch orientiert als die Wiesenvögel, doch kann aus der Studie von CUISIN (1992) zur Brutvogeldichte in einem Waldgebiet nach Bau einer TGW-Linie keine Abnahmen feststellen.						
Umweltbundesamt	2001	Schadstoffemissionen von Lokomotiven, Triebwagen und Rangierlokomotiven mit Dieselmotor	Unveröffentlichtes Diskussionspapier		26	
Bericht über die Emissionssituation im Schienenverkehr und das entsprechende Regelwerk. Vergleich verschiedener Grenzwerte. Es werden für die wichtigsten Schadstoffe Grenzwerte formuliert.						
Van der Grift, E. & Kuijsters, R.	1998	Mitigation Measures to Reduce Habitat Fragmentation by Railway Lines in the Netherlands	In: Proceedings International Conference on Wildlife Ecology and Transportation (ICO-WET) vom 09.-12.02.1998 in Fort Myers, Florida		166-170	Englisch
Zusammenfassung des Forschungsstandes in den Niederlanden zur Barrierewirkung von Eisenbahnen. Vorstellung des Forschungsprogrammes.						
Vogel, A. & Augart, P.	1992	Zur Flora und Vegetation des Bundesbahn-Ausbesserungswerkes Witten in Westfalen	In: Floristische Rundbriefe	26 (2)	91-106	
Standortbedingungen, Vegetation und Neophytenanteil einer Sonderanlage werden beschrieben.						
Vogel, P.	1996	Bemerkenswerte Pflanzenfunde auf den Bahnanlagen der Deutschen Bundesbahn im Stadtgebiet von Karlsruhe	In: Caroleinea	54	37-44	
Der Rückgang der Einschleppung von Neophyten durch den Bahnverkehr wird beschrieben. Beschreibung der standörtlichen Verhältnisse auf Bahnanlagen sowie der charakteristischen Pflanzengesellschaften.						
Vollmer, A. & Rackow, W.	2002	Nordfledermaus als Eisenbahnverkehrsoffer im Südharz	Nyctalus	8 (3)	306-308	
Einzelfund einer durch Zug getöteten Fledermaus. Die Autoren entwickeln auf Grund der ökologischen Kenntnisse Vermutungen zu Gefahrenpunkten und stellt die methodischen Probleme in Hinblick auf die auf Bahnanlagen getöteten Fledermäuse heraus. Wie auch HAENSEL & RACKOW (1996) gehen die Autoren davon aus, dass die Problematik bisher unterschätzt wurden.						
Wahlbrink, D. & Zucchi,	1994	Occurrence and settlement of Carabid Beetles on an Urban Railway Em-	In: Zool. Jb. Syst.	121 (1994)	193-201	Englisch

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
H.		bankment – a Contribution to Urban Ecology				
wie WAHLBRINK & ZUCCHI (1995) mit dem Schwerpunkt auf Laufkäfer.						
Wahlbrink, D. & Zucchi, H.	1995	Zur Besiedlung eines stadteinwärts führenden Bahndamms durch Kurzflügelkäfer (Coleoptera, Staphylinidae)	In: Zeitschrift für Ökologie und Naturschutz	4 (1995)	61-73	
Die Staphylinidenfauna eines Bahndamms wurde untersucht. Die Untersuchung stellt fest, dass Bahndämme für Kurzflügelkäfer keine bedeutenden Vernetzungsachsen darstellen, über die innerstädtische Bereiche erreicht werden können.						
Warnke, D.	1997	Infrarotstrahlen zur Bekämpfung des Pflanzenbewuchses	Blaue Reihe: Veröffentlichungen zur Bioindikation Arbeitsbereich Pflanzenökologie Universität Bremen	Heft 7	145	
Schilderung der Technik zur Pflanzenbekämpfung mit Infrarotstrahlen. Insgesamt werden positive Ergebnisse hinsichtlich der Wirksamkeit festgestellt. Nachhaltige Auswirkungen auf die Bodenfauna werden wegen der geringen Erhitzungstiefe ausgeschlossen. Für andere Teile der Fauna sieht der Autor Klärungsbedarf. In Hinblick auf die potentielle betroffenen, wertvollen Eidechsen- und Wirbellosenbestände sind Anwendungen ohne eine Klärung dieser Problematik jedoch äußerst problematisch.						
Wells, P. u.a.	1999	Wildlife Mortalities on Railways : Monitoring Methods and Mitigations Strategies	In: Evink, G. (Hrsg.): Proceedings on the Third International Conference in Wildlife Ecology and Transportation.		o. S.	Englisch
Systematische Beobachtung der Wildsterblichkeit an einer Bahnstrecke. Es werden Vermeidungsmaßnahmen vorgeschlagen. Es wurden vor allem für Mitteleuropa nicht relevante Arten als Bahnopfer festgestellt.						
Wolf, K.-R.	1994	Untersuchungen zur Biologie der Erdkröte Bufo bufo L. unter besonderer Berücksichtigung des Einflusses von Migrationshindernissen auf das Wanderverhalten und die Entwicklung von vier Erdkrötenpopulationen im Stadtgebiet von Osnabrück	Dissertation – ISBN: 0-7734-4050-x			
Diese Arbeit beinhaltet eine Untersuchung zur Wirkung von Bahnstrecken als Migrationshindernis für Erdkröten. Es wurde eine Nebenstrecke mit niedrigen Höchstgeschwindigkeiten und Schienenhöhen und eine IC-Strecke mit einer Höchstgeschwindigkeit von 140km/h und üblicher Schienenhöhe untersucht. Es wurde festgestellt, dass nur die niedrigen Schienen an den Befestigungsbolzen überklettert werden können. Die Schienen mit normaler Höhe (172mm) wurden dagegen unterklettert. Entsprechende Öffnungen wurden regelmäßig auf Suchwanderungen aufgefunden. Nur sehr wenige Individuen fanden keine Durchlässe. Der Sog der Züge richtet ebenfalls keinen Schaden an, da juvenile Erdkröten im Schotter Schutz suchten und adulte Tiere zwar manchmal durch den Sog verwirbelt wurden, danach aber ohne erkennbare Beeinträchtigungen ihre Wanderungen fortsetzten. Es wird konstatiert, dass die untersuchten Bahnanlagen keine Migrationshindernisse darstellen, die die untersuchten Populationen negativ beeinflussen (vgl. hierzu auch IGELMANN 1994). Offen bleibt insbesondere die Frage, ob die erzielten Ergebnisse auch für Hochgeschwindigkeitszüge gelten. Die Studie ist zur Einschätzung der Auswirkungen von Bahnanlagen auf Amphibien außerordentlich wertvoll, gerade weil sie nachweist, dass sich die Auswirkungen grundlegend von denen des Straßenverkehrs unterscheiden und die in der Literatur vielfach geäußerten Vermutungen, nach denen Schienenwege für alle Amphibien eine absolute Barriere darstellen und der Schotterkörper ohne Verletzungen nicht überquert werden könnte, unzutreffend sind. Einen Gesamtüberblick über die Auswirkungen auf Amphibien erlaubt die Zusammenschau dieser Arbeit mit BARANDUN (1991) und REH (1991), aus denen hervorgeht, dass wiederum innerhalb der Amphibien erhebliche Unterschiede hinsichtlich der Gefährdung durch Bahnanlagen bestehen.						

Autor	Jahr	Titel	Publikation	Jahrgang/ Band/ Heft	Seiten (keine Angabe = Komplett- text)	Spra- che (keine Angabe = Deutsch)
Wolf, K.-R.	1995	Zur Bedeutung von Bahndämmen für das Migrationsverhalten von Erdkröten	In: Naturschutz-Informationen (Osnabrück)	11 (1995) Sonderheft	3-13	
Zusammenfassende Darstellung von WOLF (1994)						
Woods, J & Munro, R.	1996	Roads, rails and environment: Wildlife at the intersection in Canada's Western Mountains	In: Trends in Addressing Transportation related Wildlife Mortality – Proceedings of the Transportations Related Wildlife Mortality Seminar; June 1996 Tallahassee (Florida)		o.S.	Eng- lisch
Barrierewirkung von Infrastruktureinrichtungen auf Wildtiere.						
Yanes, M. u.a.	1995	Permeability of Roads and Railways to Vertebrates : The Importance of Culverts	In: Biological Conservation	71	217-222	Eng- lisch
Die Zerschneidungswirkung von Straßen und Eisenbahnstrecken wird in der Einleitung ohne nähere Differenzierung postuliert gleichgesetzt. Im Weiteren werden Bahntrassen unter Straßen subsummiert. Die Arbeit konzentriert sich auf die Funktionsfähigkeit von Durchlässen, ohne dass die Notwendigkeit für verschiedene Verkehrstypen hinterfragt wird.						
Zucchi, H.	1992	Schleiereule und Waldohreule als Opfer des Zugverkehrs	In: Vogelk. Ber. Nieders.	24 (2)	104-106	
Einzelbeobachtungen zum Bahntod der im Titel genannten Eulenarten. Die Bedeutung der Schneefreiheit der Bahntrasse für die Mortalitätsrate wird hervorgehoben.						

Informationen aus dem Internet:

Institution	Adresse	Stand	Titel
Umweltbundesamt	www.umweltbundesamt.de	23.01.2003	Damit die Bahn sicher bleibt: Anwendungsverbot für das Unkrautbekämpfungsmittel Diuron lockern.
Deutsche Bahn AG	http://dokumentation.bahnaktuell.net/	23.01.2003	Leise Sohlen – Bahn-Umweltzentrum testet akustische Wirkung von Kunststoff-Bremsklötzen
Landesamt für Schule und Medien Berlin	www.bics.de	18.03.2003	Beim Gefahrguttransport Vorrang für die Schien

Institution	Adresse	Stand	Titel
Bundesamt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit (BVL)	www.bvl.bund.de	31.03.2003	Pflanzenschutzmittel - Datenbank

Mdl. Aussagen/ Briefwechsel:

Gesprächspartner	Institution	Termin (wenn nicht anders angegeben, Datum eines Fachgespräches)	Inhalte
Deutsche Bahn AG Umweltzentrum		Schreiben	Die vom Bahnkörper abfließenden Niederschlagswässer weisen durchweg eine geringe Belastung auf. Einzelne Proben halten hinsichtlich aller Schadstoffe die Werte der Trinkwasserverordnung ein.
Frau Stottele	glu (Grün, Landschaft, Umwelt)	Schreiben 25.03.2004	Hinweise auf die Heißdampfbehandlung einer Schweizer Strecke, bei der Schädigungen von Eidechsen nicht auftraten. Die Verträglichkeit der Heißdampfmethode für Eidechsen im Gleis wurde begründet.
Herr Cramm	DB Netz	18.06.2003	Einschätzung zur Gefährdung von Amphibien bei Querung der Gleise
Herr Dr. Brinkmann		18.03.2003	Bericht über eine telemetrierte Wimpernfledermaus, die auf einer Bahnanlage jagte. eine Bahnstrecke als Leiteinrichtung nutzte
Herr Dr. Henle		Schreiben 28.01.03	In 1994 genannte Strecke war eine eingleisige Strecke.
Herr Forster	Bundesanstalt für Verbraucherschutz und Lebensmittelsicherheit	25.03.03	Pflanzenschutzmittel erhalten eine Zulassung nur, wenn schädliche Auswirkungen auf Wirbeltiere ausgeschlossen sind. § 15 PflSchG
Herr Kaniut	EBA, Außenstelle Köln	11.03.02	Bei Neubauarbeiten waren Kabeltröge während der Migration von Jungkröten geöffnet und bildeten Fallen. Dies konnte durch Einbringung von Überkletterungshilfen (Strohballen) abgestellt werden.
Herr Lippolis	Deutsche Bahn	Schreiben vom 11.09.03	Derzeit sind je nach Geschäftsbereich zwischen 72-79% der Züge mit gekammerten Toilettensysteme ausgestattet.
Herr Marschollek	Institut für Bahntechnik	28.04.03	Die Frequenzen von Zügen (Schwingungen der Oberleitungen) liegen außerhalb der Frequenzspektren heimischer Fledermausarten.
Herr Mertmann	EBA	25.03.03	Schotter und weitere Bereiche in Güterbahnhof in Völklingen wurden von Moos befallen.
Herr Podloucky	LNÖ Niedersachsen	11.03.02	Wiedergabe einer Einzelbeobachtung: Eine Schlingnatter sonnte sich auf einer Bahntrasse und wurde durch die Verwirbelung und Luftschleppung nicht beeinträchtigt. Dies wurde auf Video festgehalten.
Herr Trappmann		19.01.04	Bericht über Fledermausvorkommen in einem Wasserdurchlass unter einer in Betrieb stehenden Strecke in Nordrhein-Westfalen
Herr Walter	EBA, Außenstelle Halle	11.02.03	Auf Bahnstrecken in Sachsen-Anhalt wurden in den siebziger Jahren regelmäßig große Mengen von überfahrenen Feldhamstern aufgefunden, was mit ausgestreuter Getreideladung in Verbindung gebracht wurde.
Stadt Köln		Schreiben vom	Unmittelbar am Bahngleis der Stre-

		01.09.2003	cke Köln-Gummersbach wurde eine Mauereidechsenpopulation mit ca. 14 Exemplaren festgestellt. Es handelt sich um den nördlichsten bekannten Standort.
--	--	------------	--