

Einführung

Leitungstrassen sind seit vielen Jahrzehnten aus unserer industrialisierten und hochtechnisierten Landschaft nicht mehr wegzudenken. Der Bedarf an elektrischer Energie, an Erdgas und an Erdöl ist so hoch, daß auch für die Zukunft eher mit einem weiteren Ausbau der Versorgungsnetze zu rechnen ist.

Leitungstrassen sind aber nicht nur störende Fremdelemente, sondern bieten auch landschaftspflegerische Entwicklungschancen, die bisher erst ansatzweise oder gar nicht genutzt worden sind. Insbesondere auf den Waldschneisen gilt es, potentielle Biotopvernetzungs- und Biotopergänzungsfunktionen zu fördern und die technische Minimalunterhaltung mit möglichst wenig aufwendigen, aber doch naturschutzfachlich gezielten Lebensraumentwicklungsmaßnahmen zu verknüpfen.

Das beachtliche Arten- und Biotoppotential von Trassenflächen kann allerdings in diesem Band nicht gegen die mit Trassenprojektierungen unausweichlich verbundenen Beeinträchtigungen von Landschaftsfaktoren, z.B. des Landschaftsbildes und der Wälder, aufgerechnet werden. Dieser LPK-Band versteht sich also nicht als Argumentationsunterstützung für neue Trassen, sondern als ein Leitfaden für die Optimierung von bereits vorhandenen Eingriffsflächen.

Der Band betritt Neuland der Landschaftspflege. Entsprechend verstreut und stichprobenhaft ist die verfügbare Datenbasis. Eine räumliche Repräsentanz für alle Regionen Bayerns kann deshalb nicht erwartet werden. Diese Erschwernisse konnten bis zu einem gewissen Grade durch bereitwillige Informationen von Vertretern bayerischer Energieversorgungsunternehmen (EVU) ausgeglichen werden.

Unser Dank gilt folgenden Fachleuten, die durch ihre Informationsbereitschaft und Unterstützung wesentlich zum Gelingen der vorliegenden Arbeit beitrugen: den Herren BUCHER, DIETEL, GRANDEL, HANICKEL, SPATZ, THALER und insbe-

sondere Herrn EMMER (Bayernwerke AG, München und Nürnberg), die durch Exkursionen in diverse Trassengebiete interessante Einblicke vermittelten, sowie allen Teilnehmern eines ganztägigen Bayernwerk-Seminars zur Trassenpflege im September 1991 in München, die unsere Rohvorstellungen hinterfragten und ergänzten; den Herren FISCHER und KARL (Isar-Amper-Werke AG, München), HANISCH (VBEW, München), MÖLLER (VBGW, München), JAGODZENSKI (Deutscher Verein des Gas- und Wasserfaches, Eschborn) und KOPP (Deutsche Transalpine Ölleitung GmbH, München), die grundlegende Informationen zu technischen und funktionellen Aspekten lieferten; den Herren DIEFENBACH und UTHER (RWE AG, Essen), die durch Übersendung von Informationsmaterial wichtige Bausteine zum vorliegenden LPK-Band beitrugen; den Herren AMMERELLER (OFoD München), BLÖSCH (Erlangen), BÖRKAM (Landratsamt Erlangen-Höchstädt), BURHAUSER (Regierung von Schwaben, Augsburg), HACKEL (Landratsamt Fürth), HARTMANN (OFoD Augsburg), HEIL (OFoD Ansbach), JANITZ (OFoD Nürnberg), Frau KAPPES (LBV, Nürnberg), den Herren KOGNITZKI (Natur- und Umwelthilfe e.V., Erlangen), MITTER (Landratsamt Bad Kissingen), SCHMIDBAUER (Landratsamt Straubing), SPERLING (Landratsamt Passau) und Herrn WURZEL (Landratsamt Bayreuth).

Herr STAHL (LfU) unterstützte uns mit einer leitungsbezogenen Auswertung der Bayerischen Biotopkartierung.

Falls dieser Band einen Beitrag dazu leistet, die landschaftspflegerische Eigenverantwortlichkeit insbesondere von Energieversorgungsunternehmen zu fördern und eine bisher nur ansatzweise vorhandene Zusammenarbeit der EVU mit Naturschutzfachstellen und -fachleuten einzuleiten, hätte sich der angesichts der spärlichen Datenlage nicht unbeträchtliche Aufwand gelohnt.

1 Grundinformationen

Dieses Kapitel soll Grundlagen erläutern, Fachbegriffe klären und den Einstieg für die später ausgeführten Pflege- und Entwicklungskonzepte auf Leitungstrassen schaffen. Da dieser Lebensraumtyp in vielen Punkten nicht mit den anderen Lebensräumen im klassischen Sinne zu vergleichen ist, finden sich in diesem Kapitel einige Abweichungen von der ansonsten gültigen Mustergliederung.

1.1 Charakterisierung

1.1.1 Definition Leitungstrassen

Unter der Sammelbezeichnung Leitungstrassen werden all jene Trassenräume zusammengefaßt, die aus technischen Gründen langfristig, das heißt für die Dauer des Leitungsbetriebes, offengehalten werden müssen. Man unterscheidet grundsätzlich zwei Arten der Leitungsführung:

- **oberirdisch:** elektrische Freileitungen ziehen über die Landschaft hinweg und umfassen die Bereiche der Niederspannung (220 V, 380 V), Mittelspannung (1 bis 60 kV), Hochspannung (110 kV) und Höchstspannung (220 kV, 380 kV).
- **unterirdisch:** Gas- und Ölpipelines sowie Fernwasser-Versorgungs- und Nachrichtenleitungen werden grundsätzlich unter der Erdoberfläche in unterschiedlich dicken Rohren verlegt. Bei den elektrischen Leitungen finden sich die meisten Verkabelungen im Nieder- und Mittelspannungsbereich (220 V bis 60 kV), seltener im Hochspannungsbereich (110 kV). Kabel mit Spannungen von 220 kV und 380 kV existieren derzeit aus technischen und wirtschaftlichen Gründen nur zu einem geringen Prozentsatz und beschränken sich auf städtische Ballungsräume.

Leitungstrassen durchziehen wechselnde Nutzungsbereiche, wobei sie über weite Abschnitte hinweg ohne spezifische Biotopstrukturmerkmale bleiben. Die Trassenflächen stellen also in der Regel keinen eigenen schützenswerten Biotoptyp dar, sondern bieten die Möglichkeit, unter Berücksichtigung der naturräumlichen und technischen Voraussetzungen, Biotopgestaltung zu betreiben. Wichtiger Ansatzpunkt für landschaftspflegerische Entwicklungen sind insbesondere Schneisen, die monokulturell betriebene Wirtschaftforste durchschneiden oder die wertvolle Biotopbereiche enthalten. Aber auch für die Mastfußflächen des Freilandes fehlen bisher klare landschaftspflegerische Zielvorstellungen.

Leitungstrassen als lineare Landschaftselemente können bei zielorientiertem Management durchaus Naturschutzfunktionen übernehmen. Erst in den letzten Jahren, mit dem wachsenden Umweltbewußtsein der Bevölkerung, wurde der Druck auf die Energieversorgungsunternehmen so groß, daß in vielen Fällen bereits von der Gestaltung der Trassen nach rein technischen Unterhaltungsgesichtspunk-

ten abgewichen wurde und ökologische Belange in den Vordergrund gerückt sind oder zumindest bei der Trassengestaltung mit in Betracht gezogen werden. So gibt beispielsweise die Anlage einer Freileitungstrasse durch den Wald, wie kaum ein anderer nachhaltiger Eingriff in Natur und Landschaft, gleichzeitig die Möglichkeit, die ungünstigen Auswirkungen zu vermindern und die positiven Aspekte durch eine aktive Gestaltung wertvoller Biotopanteile zu fördern.

Nachdem auf unterirdisch verlegten Kabeltrassen landschaftspflegerische Eingriffe aus betriebstechnischen Gründen nur sehr eingeschränkt durchgeführt werden können, beziehen sich die nachfolgenden Ausführungen im wesentlichen auf jene Sekundärbiotope, die unter Freileitungen entstehen. Hinweise auf die anderen Trassenformen erfolgen, wo es nötig erscheint, zusätzlich.

1.1.2 Rechtliche Grundlagen

Nach Festlegung der Trassenroute vereinbaren die EVU mit den zuständigen Grundbesitzern sogenannte Grunddienstbarkeiten über die erforderlichen Landflächen. Diese Verträge verpflichten den Grundeigentümer, alles zu unterlassen oder zu vermeiden, was den ordentlichen Leitungsbetrieb gefährdet oder stört. Dazu zählt auch die Sorgfaltpflicht, zu hoch gewachsene Bäume auf Trassen oder am Trassenrand zu entfernen.

Aufgrund der mit den Ausholzungs- oder Rückschnittarbeiten verbundenen Risiken übernehmen in den meisten Fällen die EVU die nötigen Trassenpflegemaßnahmen, wobei sie sich nach den Wünschen der Grundbesitzer bezüglich der Ausführung und des Umfangs der Arbeiten (Selektivrodung, Kahlschlag etc.) sowie der Verwertung des Schnittgutes orientieren.

Wenn ein durchschnittenes Waldstück Eigentum des Staatsforstes ist, werden keine Grunddienstbarkeiten vereinbart, sondern sogenannte Forstverträge in Form von Gestattungsverträgen ausgehandelt. Die Durchführung von Pflegemaßnahmen in solchen Wäldern teilen sich normalerweise die zuständigen EVU und die Forstämter. Für die Beseitigung von Bäumen in den Trassen sind dann keine speziellen Genehmigungen mehr erforderlich (EMMER 1992, mündl.).

1.1.3 Technische Grundlagen

Dieses Kapitel soll die betriebstechnischen Grundlagen in knappen Worten darlegen, da immer wieder spezielle Begriffe auftauchen, die einer Erklärung bedürfen. Zusätzlich trägt die Darstellung des Funktionierens von Elektrizitäts-, Gas- und Erdölleitungen insgesamt zum besseren Verständnis der technischen Vorgänge, Erfordernisse und limitierender Rahmenbedingungen von landschaftspflegerischen Maßnahmen bei.

1.1.3.1 Elektrische Leitungen

Es folgt zunächst ein kurzer Überblick über den Aufbau der öffentlichen Stromversorgung und anschließend die Vorstellung betriebstechnischer Einzelheiten zur Funktion von Freileitungen und Kabelanlagen.

Aufbau der öffentlichen Stromversorgung

Da elektrische Energie nicht in wirtschaftlichem Umfang speicherbar ist und somit im Moment des Bedarfs im Kraftwerk erzeugt werden muß, ist sie an Leitungen gebunden. Die hochtechnisierten Industrieländer verlangen eine sichere und allzeit zuverlässige Bereitstellung dieser Energie, die auch in Spitzenzeiten unterbrechungsfrei funktionieren muß. Nachdem Kraftwerke meist nicht in den Abnahmезentren liegen, muß die produzierte Energie über Leitungen an diese Standorte herangebracht werden. Der Strom fließt dazu über die Verbundnetzebene (Höchstspannung mit 220 und 380 kV) und über die Transportleitungen (Hochspannung mit 110 kV) zu den Verbrauchsschwerpunkten. Hier erfolgt die Übergabe an die Verteilungnetze (Mittelspannung mit 6-60 kV) und schließlich an den Endverbraucher (Niederspannung mit 220 und 380 V) (FLACH 1986).

Freileitung und Kabel im technischen Vergleich

Aus betriebstechnischen und betriebswirtschaftlichen Gründen schneiden **Freileitungen** in vielfacher Hinsicht wesentlich besser ab als Kabel. Dies gilt insbesondere für die Hoch- und Höchstspannungsebenen. So wird die Freileitung mit ihrem einfachen Aufbau und den guten Übertragungseigenschaften allgemein als sicherstes und kostengünstigstes Stromtransportsystem betrachtet (RANKE 1980). Sie zeichnet sich weiterhin durch geringe Störanfälligkeit, einfache Wartungsarbeiten, hohe Überlastbarkeit und unkomplizierte Konstruktion, auch in schwierigem Gelände, aus.

Als Nachteile müssen dafür eine starke optische Beanspruchung der Landschaft, eine bisweilen beträchtliche forstwirtschaftliche Nutzungseinschränkung sowie Geräuschemissionen und elektromagnetische Felder in der näheren Umgebung der Leitungen in Kauf genommen werden (JARASS et al. 1989; WANSE 1986).

Die Alternative zu Freileitungen stellen die unterirdisch verlegten **Erdkabel** dar. Ihr wesentliches Merkmal ist der mit Isolierstoff umhüllte metallische Leiter und das mit Gas oder Öl gefüllte kabeltragende Rohr (FLACH 1986). Verkabelung ist grundsätzlich mit höherem technischen und finanziellen Aufwand verbunden. Allgemein schlechte Übertragungseigenschaften, hohe Empfindlichkeit gegenüber Störung, Überlastung und Beschädigung sowie komplizierte Reparaturarbeiten reduzieren die Anwendung auf wenige Bereiche (MÖLLER 1985). In der Nieder- und Mittelspannungsebene hat sich die Verkabelung zwar weitgehend durchgesetzt (Kabelanteil 1989: 58 %), der Einsatz von Hochspannungskabeln bleibt allerdings auf jene städtischen Verdichtungsräume beschränkt, in denen keine andere Versorgungsmöglichkeit besteht (Kabelanteil: 6,8 %). Im Höchstspannungsbereich existie-

ren bislang nur sehr wenige Kabelanlagen in Großstädten (Kabelanteil: 0,13 %), da das Kostenverhältnis Freileitung/Kabel mit zunehmender Spannung immer ungünstiger wird. Es liegt im Niederspannungsbereich bei 1:2, kann aber in höheren Spannungsebenen bis auf 1:8 ansteigen. Ebenso gewährleistet der derzeitige Stand der Technik den zuverlässigen sicheren Betrieb der Kabel in größerem Umfang noch nicht (VDEW-STATISTIK 1991).

Neben diesen vielfältigen technischen Problemen können von den Kabeln zusätzlich Risiken und Nebenwirkungen ausgehen, die Natur und Umwelt in erheblichem Maße belastend oder schädigend beeinflussen (siehe [Kapitel 1.8](#), S. 4040) (GOODLAND 1974).

Aus dem Vergleich von Freileitungen und Kabeln ergibt sich, daß sowohl aus technischen wie auch aus wirtschaftlichen Gründen auf den Neubau bzw. Ausbau von Freileitungen in absehbarer Zeit noch nicht verzichtet werden kann. Um die Auswirkungen auf Natur und Organismen weitestgehend gering zu halten, ist demzufolge eine möglichst landschaftsschonende Bauweise und Instandhaltung anzustreben.

1.1.3.2 Aufbau des Erdgasversorgungsnetzes

Die Bedeutung des umweltfreundlichen Erdgases für Heizzwecke, als Prozeßenergie und als Rohstoff in der chemischen Industrie ist in den letzten 20 Jahren stark angestiegen. Neben elektrischem Strom und Erdöl stellt es den wichtigsten Energieträger Bayerns dar und weist einen entsprechend hohen Verbrauch auf. Für die Zukunft ist vor allem unter den Aspekten Umweltfreundlichkeit, Versorgungssicherheit und Kosten mit weiter zunehmender Nachfrage und einem stärkeren Ausbau des Erdgasnetzes zu rechnen.

Westdeutschland deckt seinen Erdgasbedarf zu etwa einem Viertel aus der inländischen Förderung, zum weitaus größeren Teil jedoch aus Importen aus dem Ausland. Bayern verfügt über kleinere Erdgaslagerstätten im Regierungsbezirk Oberbayern, die nur zu einem geringen Ausmaß den Eigenverbrauch abdecken. Aus diesem Grund sind zusätzliche Importe notwendig. Hauptlieferant ist die GUS, die das Gas über die Mitteleuropäische Erdgasleitung (MEGAL) nach Bayern schickt. Die MEGAL überquert bei Waidhaus die deutsch-tschechische Grenze und verläuft weiter über Weiden, Erlangen, Würzburg und Miltenberg in Richtung Westen nach Frankreich. Von der MEGAL zweigen neben zahlreichen kleineren Leitungen zwei große Hauptäste in südlicher Richtung ab, von denen der eine von Schwandorf nach Forchheim verläuft und sich dort in einen östlichen und einen westlichen Ast aufspaltet, um die Erdgasfelder östlich von München zwischen Poing, Rosenheim und Altötting zu erreichen. Die zweite Abzweigung von der MEGAL erfolgt bei Erlangen und verläuft über Ansbach nach Nördlingen und weiter nach Baden-Württemberg. Zusätzlich zu diesen Hauptleitungen besteht in Bayern ein sehr dicht geknüpftes Netz aus kleineren Gasleitungen, die auch kleinere Gemeinden mit Erdgas versorgen.

Gasquellen und Gasverbraucher liegen selten nahe beieinander, so daß das Gas oft über erhebliche Entfernungen von den Förderquellen bis zu den Endverbrauchern transportiert werden muß. Dies geschieht ohne Belastung der öffentlichen Verkehrswege durch unterirdische Pipelines. Ebenso wie die Stromkabel liegen auch die Gasleitungen in einem bis zu 2,5 m tiefen Graben, der mit steinfreiem Boden aufgefüllt wird. Je nach Leitungsdurchmesser entsteht über den Leitungen ein unterschiedlich breiter Schutzstreifen, der dauerhaft offen zu halten ist, um ungehinderte Sichtkontrollen vom Hub-schrauber aus zu ermöglichen und die Wartung im Schadensfall zu erleichtern. Aus Sicherheitsgründen ist es vorgeschrieben, die Trasse alle zwei Monate zu befliegen und alle vier Monate zu begehen. Dabei ist auch auf Veränderungen der angrenzenden Vegetation, z.B. Verfärbungen, zu achten. Auftretende Mängel und Betriebsstörungen werden im allgemeinen rasch entdeckt und beseitigt (BISCHOFF & GOCHT 1981; DVGW 1988a, 1988b, 1989).

Die Gasversorgung funktioniert vom Prinzip her ähnlich wie die Stromversorgung: Da es sich bei Erdgas um ein kompressibles Medium handelt, ist man bestrebt, es bei möglichst hohem Druck zu transportieren, um möglichst kleine Transportvolumina zu erhalten. Der Ferntransport erfolgt deshalb in den meisten Fällen in Stahlrohrleitungen unter sehr hohem Druck von 80 bis 120 bar (Hochdruckleitungen), wobei das Erdgas aus zum Teil sehr großen Entfernungen von den Gasquellen bis zu den Gasübernahmestationen herantransportiert wird. Diese Stationen befinden sich in der Nähe der Verbrauchsschwerpunkte, also den Städten. Hier wird der Druck auf ein niedrigeres Niveau reduziert und dann erst in das Ortsnetz eingespeist. Dies kann entweder über Mitteldruckleitungen mit bis zu 4 bar oder über Niederdruckleitungen mit bis zu 100 mbar Druck geschehen. Der Endverbraucher im Haushalt schließlich erhält das Erdgas über die Ortsgasverteilung mit einem Druck von 22 mbar zugeführt (MÖLLER 1992, mündl.).

Die von den Verbrauchern nachgefragte Gasmenge schwankt saisonal und tageszeitlich stark in ihrer Höhe. Der Gasbezug von den Erdgasquellen erfolgt hingegen meist mit fast konstanter Gleichmäßigkeit, um die Einrichtungen zur Erdgasgewinnung und Aufbereitung sowie zum Ferntransport technisch und wirtschaftlich optimal zu nutzen. Zur Regulierung der Differenz zwischen dem weitgehend konstanten Bezug und dem variablen Verbrauch bedient man sich der Speicherkapazität des Erdgases und legt Vorräte sowohl in Behältern über Tage zum Ausgleich der auftretenden Tagesspitzen, als auch in großräumigeren Anlagen unter Tage zum Abfangen saisonaler Verbrauchsschwankungen an. Letztere Gasspeicher dienen auch der Reservehaltung beim Ausfall von Lieferquellen (DELIWA 1985; W.E.G. 1989).

1.1.3.3 Aufbau der Erdölversorgung

Bayern bezieht Erdöl aus Libyen, Algerien, dem Nahen und dem Mittleren Osten. Tankschiffe landen in Triest und Genua an und löschen ihre Ladungen

in große Tanklager am Hafen. Aus diesen Tanks wird das Rohöl über zwei Hauptpipelines nach Ingolstadt, dem bayerischen Raffineriezentrum, gepumpt. Die Transalpine Ölleitung (TAL) erreicht Ingolstadt von Triest aus über Kitzbühel und Kufstein, während die Central-Europäische Pipeline (CEL) von Genua aus über Mailand östlich des Bodensees und westlich von Augsburg nach Ingolstadt gelangt. Im Verlauf der beiden Fernleitungen bestehen mehrere Abzweigungen zu kleineren Raffinerien, da auch z.B. Österreich über die Pipelines mit Erdöl versorgt wird.

Das Leitungssystem der TAL besteht aus den drei unabhängig voneinander betriebenen Ölleitungen: TAL-IG Triest-Ingolstadt, TAL-OR Ingolstadt-Oberrhein und TAL-NE Ingolstadt-Neustadt (Donau), deren gemeinsamer Verbindungspunkt das Tanklager Ingolstadt ist. Dort gelangt das Rohöl zunächst in diverse Tanklager zur Zwischenlagerung, bevor ein Teil des Öls über die TAL-OR nach Karlsruhe im Westen bzw. über die TAL-NE nach Neustadt im Osten umgeleitet wird. Der Rest verbleibt in Ingolstadt zur Weiterverarbeitung in Raffinerien (ANONYMUS 1992).

1.1.4 Flächenbeanspruchung

Von allen Systemen der Energieverteilung (Stromnetze, Ölpipelines, Gasnetze) ist der Flächenbedarf von Hochspannungsleitungen des überörtlichen Stromverbundnetzes (110 bis 380 kV) weitaus am größten (LOSCH & NAKE 1990). Mit welchen Werten dabei konkret zu rechnen ist, schildert Kapitel 1.1.4.1. Aber auch das Netz der Gasversorgung unterläuft weiträumig die Landschaft - wie Kapitel 1.1.4.2 (S. 17) aufzeigt - wenn auch nicht in vergleichbaren Größenordnungen wie Freileitungen. Der im Verhältnis zu den beiden Energieträgern Strom und Gas relativ geringe Flächenverbrauch der Erdölversorgungsleitungen wird der Vollständigkeit halber ebenfalls dargestellt.

1.1.4.1 Freileitungs- und Kabeltrassen

Die Bauweise von Freileitungen unterliegt gewissen technischen Anforderungen und ergibt sich aus streng reglementierten VDE-Bestimmungen und DIN-Normen. Entsprechend diesen Vorgaben muß im Falle einer Walddurchschneidung aus Sicherheitsgründen unterhalb der Leitungen ein Schutzstreifen angelegt werden, der je nach Geländebedingungen eine mehr oder weniger ausgedehnte Trasse bildet (LOHFINK 1987).

Die Breite und damit den Flächenanspruch einer Leitungstrasse bestimmt die auf der Leitung geführte Spannungsebene. Je höher diese ist, desto breiter muß der Schutzstreifen beiderseits der Leitungen sein. So gilt für eine 110 kV-Freileitung eine mittlere Trassenbreite von 50 m, für eine 220 kV-Leitung von 60 m und für eine 380 kV-Leitung von 70 m.

Die Schneisenbreite in Wäldern errechnet sich aus den erforderlichen Schutzabständen einerseits zwischen den einzelnen Leiterseilen und andererseits zu den Gegebenheiten des Trassenrandes, z.B. Vegetation, Bauwerke, Geländeunebenheiten etc., so daß

- B_S Schutzstreifenbreite
- g Aufhängepunkt des äußeren Seiles von der Mastmitte
- l_k Länge der Isolatorkette
- lk' Kettenprojektion bei reduziertem Ausschwingwinkel
- f Durchhang in der Mitte des Abspannfeldes
- f' Durchhangprojektion bei reduziertem Ausschwingwinkel
- S Schutzabstand

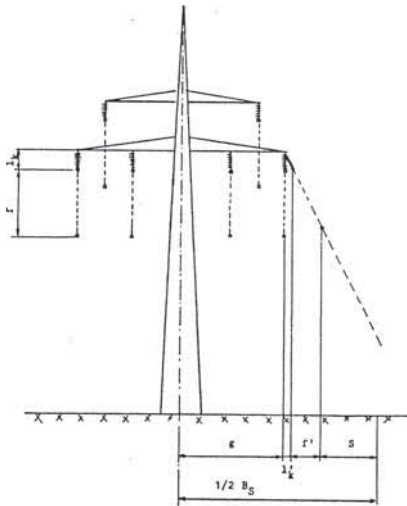


Abbildung 1/1
Berechnung der Schutzstreifenbreite (JARASS et.al 1989, verändert)

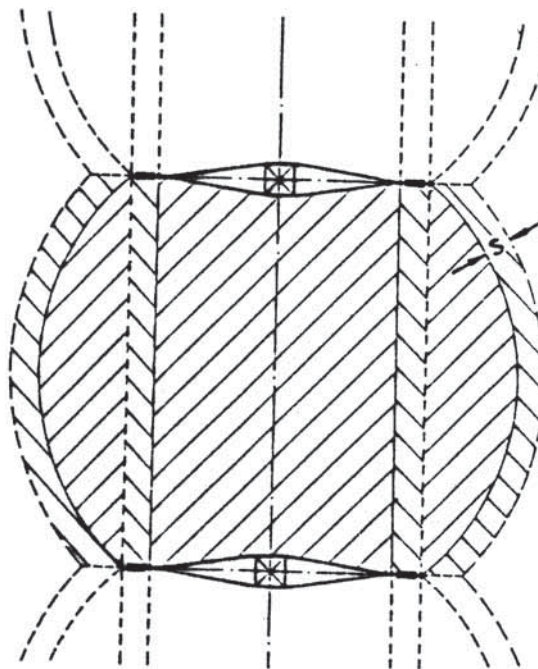


Abbildung 1/2
Form des Sicherheitsstreifens zwischen zwei Masten (LOHFINK 1987)

sowohl bei maximaler horizontaler Ausschwingung der Leiterseile als auch bei infolge Windbruchs quer in die Trasse stürzenden Randbäumen eine Gefährdung der Sicherheit oder eine Beeinträchtigung der Stromversorgung stets auszuschließen ist (Abb. 1/1, S. 16).

Die Höhe der Masten ergibt sich aus dem vertikalen Mindestschutzabstand von drei bis sechs Metern zwischen dem maximalen Leiterseildurchhang in der Mitte zweier Masten und der Trassennutzung (Vegetation, Fahrzeuge, Bauwerke etc.). In Wäldern lassen sich demzufolge die Bodenabstände der Leitungen so wählen, daß sich Unterholz entwickeln kann, das nicht nur den Bedürfnissen vieler Wildtiere entgegenkommt, sondern auch allgemein die ökologischen Verhältnisse weniger stark beeinträchtigt. Günstig erscheint eine elliptische Form der Schutzbereiche, die den Leiterseilausschwingungen nachempfunden ist und den Kahlschlag auf die wesentlichen Abschnitte der Schneisen beschränkt (Abb. 1/2, S. 16).

Sowohl die Feintrassierung als auch die Bauweise der Masten können entscheidend zur Landschaftsgestaltung und Dämpfung der negativen Effekte von Freileitungen beitragen. Die Wahl des Mastkopfbildes (die drei gängigsten Formen sind Donau, Einebene und Tonne) bestimmt die Breite des notwendigen Schutzstreifens sowie die Höhe der Masten und damit die optische Auffälligkeit im Gelände (Abb. 1/3, S. 17).

Das Einebene-Mastbild findet Verwendung, wenn möglichst niedrige Masten zum Einsatz kommen sollen (z.B. Offenland), die dafür aber eine sehr breite Trasse benötigt. Der Tonnenmast dagegen ist wesentlich schmaler, erfordert jedoch eine sehr hohe Bauform (eingesetzt z. B. im Hochwald). Dem Donau-Mastkopf kommt eine vermittelnde Rolle zu; er gilt als Standardform und als konstruktiv ausgeglichen (PALIC 1991).

Exakte Zahlen über die Streckenlängen und den Flächenanspruch der Leitungstrassen in Bayern liegen nicht vor. Auch ihre Verteilung auf offene Flur und Wald läßt sich nicht ermitteln, so daß an dieser Stelle aus den verfügbaren Zahlen nur Schätzwerte abgeleitet werden können.

Westdeutschland wies im Jahre 1990 ein Freileitungsnetz von etwa 415.000 km Stromkreislänge auf. Im Vergleich zu 1980 bedeutete dies einen Abbau um mehr als 16 %, der allerdings nur die Mittel- und Niederspannungsebene (220 V bis 60 kV) betraf, die verstärkt in den letzten Jahren verkabelt wurde. Im Hoch- und Höchstspannungsbereich (110 bis 380 kV) dagegen ist eine Zunahme der Stromkreislänge um knapp 11 % oder 8.500 km zu verzeichnen (VDEW 1990). Im Vergleich zu den Freileitungen erfuhren die Kabelanlagen zwischen 1980 und 1990 insgesamt einen Zuwachs von 225.000 km (29 %). Der Hauptanteil entfiel dabei auf die Mittel- und Niederspannung mit 29 % (223.500 km), während die Steigerung im Hoch- und Höchstspannungsbereich mit 1,8 % (770 km) äußerst gering blieb. Die Veränderungen im Energieversorgungsnetz im Zehnjahresvergleich zeigt die Tab.1/1 (S. 17).

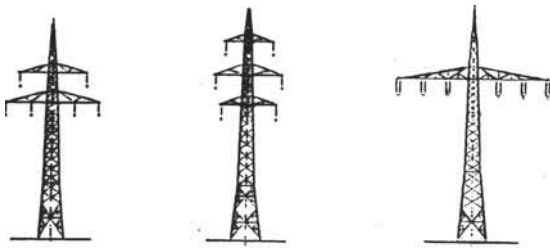


Abbildung 1/3
Mastkopfbilder Donau-Tonne-Einebene (LECHLEIN 1986)

Bayern verfügte 1990 über ein Freileitungsnetz von gut 116.000 km Stromkreislänge und über ein Kabelnetz von knapp 153.000 km Stromkreislänge (VDEW 1990). Die Verteilung auf die einzelnen Spannungsebenen stellt die Tab.1/2 (S. 18) dar.

Da auf den überregionalen Verbundleitungen bis zu sechs Stromkreise parallel laufen können, lassen sich diesen Zahlen keine genauen Angaben über die tatsächliche Streckenlänge der vorhandenen Freileitungen entnehmen. Laut HANISCH (1992, mündl.) und DIETEL (1992, mündl.) geht man jedoch im Hoch- und Höchstspannungsbereich allgemein von einer Halbierung der Stromkreislänge aus, um die Streckenlänge zu berechnen, während diese in der Mittelspannungsebene nur geringfügig von der Stromkreislänge abweicht, in der Niederspannungsebene weitgehend mit ihr identisch ist. Daraus ergeben sich für Bayern die in Tab.1/3 (S. 18) für die einzelnen Spannungsebenen aufgeschlüsselten Freileitungslängen (Stand 1989). Aus der Tabelle läßt sich ableiten, daß in den höheren Spannungsebenen bei den Freileitungen bayernweit mit einer Streckenlänge von etwa 9.000 km gerechnet werden muß.

Geht man davon aus, daß - grob geschätzt - etwa 20 % der Trassen Wälder durchschneiden, so erhält man bei einer durchschnittlichen Schneisenbreite von 50 m einen Flächenbedarf von 90 km² allein für den Hoch- und Höchstspannungsbereich. Zusätzlich kommen noch etwa 195 km² Trassenflächen für den Nieder- und Mittelspannungsbereich bei einer durchschnittlichen Trassenbreite von 10 m hinzu. Das entspricht zusammen etwa einem Fünftel der Gesamtfläche bayerischer Naturschutzgebiete (1992: 1.530 km²).

Es läßt sich aus diesen Zahlen leicht ersehen, daß der Flächenanspruch von Freileitungen recht hoch ist, daß hier aber auch ausreichend Raum für Pflege- und Gestaltungsmaßnahmen zur Verfügung steht, der unbedingt für den Naturschutz genutzt werden sollte. Für Stromkabel lassen sich eindeutige Zahlen über den Flächenanspruch nicht ermitteln, da der größte Teil der vorhandenen Kabelkilometer im Bereich von Siedlungen und Ballungsräumen in Anbindung an das Verkehrsnetz verlegt wurde und nur ein sehr geringer Teil der Kabel im nicht bebauten Gelände verläuft. Außerdem gibt es keine näheren Angaben darüber, wieviele Stromkreise jeweils in einem Kabelstrang vereinigt wurden. Die Breite von Kabelschneisen liegt im Durchschnitt bei etwa 10 m, in Sonderfällen allerdings, besonders bei Bündelung mehrerer Kabelstränge in einer Trasse, bis zu 30 m einnehmen kann (EMMER 1992, mündl.).

1.1.4.2 Gas- und Ölpipelines

Ebenso wie die Stromkabel orientieren sich Öl- und Gaspipelines im besiedelten Raum vorwiegend an bereits vorhandenen Straßen und Wegen. Im Stadtrand bevorzugt die Gaswirtschaft für die Trassen planerisch Flächen, die für die Agrarnutzung gesichert sind, da die erforderlichen Schutzstreifen mit

Tabelle 1/1

Freileitungs- und Kabelnetz der BRD, Stand 1990 im Vergleich zu 1980 (VDEW 1990)

Spannung	1980		1990		Veränderung	
	km	%	km	%	km	%
<u>Hoch-/ Höchst-</u>	73.535		82.730		+ 9.195	+ 11.1
Freileitung	70.527	95.9	78.952	95.4	+ 8.425	+ 10.7
Kabel	3.008	4.1	3.778	4.6	+ 770	+ 20.4
<u>Mittel-</u>	338.678		366.296		+27.618	+7.5
Freileitung	166.301	49.1	149.095	40.7	- 17.206	- 11.5
Kabel	172.377	50.9	217.201	59.3	+ 44.824	+ 20.6
<u>Nieder-</u>	634.781		740.299		+ 105.518	+ 14.3
Freileitung	260.076	41.0	187.057	25.3	- 73.019	- 39.0
Kabel	374.705	59.0	553.242	74.7	+ 178.537	+ 32.3
<u>Summe</u>	1.046.994		1.189.325		+ 142.331	+ 12.0
Freileitung	496.904	47.5	415.104	34.9	- 81.800	- 19.7
Kabel	550.090	52.5	774.221	65.1	+ 224.131	+ 28.9

Tabelle 1/2

Freileitungs- und Kabelnetz in Bayern, Stand 1990
(VDEW 1990)

Spannungsebene [kV]	Stromkreislänge [km]
220-380	5.658
Freileitung	5.656
Kabel	2
110	12.957
Freileitung	12.221
Kabel	736
1-60	77.543
Freileitung	47.598
Kabel	29.945
0,220; 0,380	172.670
Freileitung	50.660
Kabel	122.010
Gesamt	268.828
Freileitung	116.135

Tabelle 1/3

Schätzwerte der Streckenlängen von Freileitungen in Bayern, Stand 1990 (VDEW 1990, verändert nach DIETEL 1992, mündl.)

Spannung [kV]	Stromkreis- länge [km]	Streckenlänge [km]
380	2.000	1.000
220	3.600	1.500
110	12.200	6.000
1-60	47.600	40.000
0,220; 0,380	50.650	50.600
Summe	105.950	99.100

einer Überbauung in der Regel nicht zu vereinbaren sind (LOSCH & NAKE 1990).

Die Ferntransportleitungen, die das Gas und Öl über sehr weite Entfernungen transportieren, werden in 1 bis 2,5 m Tiefe in das Erdreich eingebracht. Nach Abschluß der Bauarbeiten, die üblicherweise einen sehr ausgedehnten Arbeitsstreifen benötigen, reduziert sich der erforderliche Schutzstreifen auf wenige Meter Breite (KIESLICH & LÖBACH 1991).

Gasfernleitungen haben je nach Transportkapazität einen Durchmesser von 0,5 bis 1,8 m und bedürfen eines Schutzstreifens von durchschnittlich 8 bis 12 m. Bei parallel verlaufenden Leitungsrohren erhöht sich die Trassenbreite auf bis zu 15 m (KIESLICH & LÖBACH 1991).

Westdeutschland wurde 1981 über ein rund 143.000 km langes, weitverzweigtes unterirdisches Leitungssystem mit Erdgas aus verschiedenen Transportrichtungen beliefert. Dabei betrug zu diesem Zeitpunkt der Anteil an Niederdruckleitungen 55 %, an Mitteldruckleitungen 17 % und an Hochdruckleitungen 28 % (DELIWA 1985). Aus dem jüngsten Energie- und Wirtschaftsbericht Bayern geht hervor, daß Bayern 1990 über ein Gasleitungsnetz von mehr als 26.000 km Länge verfügte, das sich auf die einzelnen Leitungsarten folgendermaßen verteilte (MÖLLER 1992, mündl.):

- Hochdruckleitungen ca. 9.700 km Länge
- Mitteldruckleitungen ca. 7.000 km Länge
- Niederdruckleitungen ca. 9.000 km Länge.

Wenn man dabei berücksichtigt, daß Nieder- und Mitteldruckleitungen im wesentlichen für den Versorgungsbereich von Siedlungs- und städtischen Ballungsräumen beschränkt bleiben, so errechnet sich allein für die Gasferntransportleitungen, bei einer durchschnittlichen Schutzstreifenbreite von 10 m, ein Flächenbedarf von etwa 97 km².

Erdöl fließt in Pipelines mit - im Vergleich zu den Gasfernleitungen - geringeren Durchmessern von maximal bis zu 1 m. Die Breite des notwendigen Schutzstreifens beträgt durchschnittlich etwa 10 m, wobei der unbedingt von Bewuchs freizuhalten Streifen ungefähr 6 m einnimmt. Zu den Rändern hin wird der Bewuchs im Einzelfall geprüft und mit den zuständigen Behörden abgesprochen.

Über die Längenerstreckung von Ölpipelines innerhalb Bayerns gibt es nur sehr ungenaue Angaben, da auch die NATO eine Vielzahl von Ölleitungen betreibt, über deren Verlauf und Länge keine Auskünfte zu erhalten waren. Man kann davon ausgehen, daß die Fernpipelines in Bayern mindestens 400 km lang sind und damit einen Flächenbedarf von wenigstens 4 km² beanspruchen.

1.1.5 Allgemeine Erscheinung

Leitungstrassen lassen sich nicht unter einem einheitlichen Lebensraumtyp zusammenfassen, da sie im wesentlichen die naturräumlichen und standörtlichen Gegebenheiten widerspiegeln. Sie weisen demzufolge weder eine typische Vegetations- noch eine einheitliche Habitatstruktur auf. Ihre Erscheinungsform und Ausprägung richtet sich im wesentlichen nach ihrem Standort und dessen geologisch/geomorphologischen, klimatischen und pedologischen Besonderheiten. Ein großer physiognomischer Unterschied besteht zwischen den Trassen oberirdisch und unterirdisch verlegter Leitungen, da letztere niemals vergleichbar große Ausmaße erreichen können wie etwa die Schneisen von Freileitungen im Hoch- oder Höchstspannungsbereich.

Freileitungen in der freien Flur überspannen meist Äcker oder Grünland und weniger naturnahe Flächen. Der landwirtschaftliche Betrieb wird unter den Leitungen normalerweise nicht beeinträchtigt, die Anbauformen weichen somit nicht von der umgebenden Feldbestellung ab.

Die Trassenführung im Agrarland erfolgt meist ohne große Umwege, so daß die Mastfundamente häufig

inmitten der Parzellen stehen. Diese kleinen Flächen, die zwischen den vier Betonsockeln entstehen und bei Höchstspannungsleitungen immerhin bis zu 100 m² Innenraum beanspruchen, sind in der ausgeräumten Kulturlandschaft oftmals die einzigen Flecken, die vor landwirtschaftlichen Zugriffen verschont bleiben und dann mit Gräsern, Hochstauden oder niedrigen Büschen bestanden sind. Eine sehr hochwüchsige Vegetation wird von seiten der EVU weniger gern gesehen, da der Mast für Betriebspersonal zur Überprüfung und Wartung ständig zugänglich bleiben muß.

Auf **Freileitungen im Waldbestand** können wirtschaftsorientierte Zweitnutzungen sowie alle möglichen Bewuchsformen auftreten: Frisch eingeschlagene oder dauernd offen gehaltene Trassen weisen zahlreiche Gräser- und Kräuterarten auf, die besonders in den ersten Jahren nach der Rodung üppig gedeihen. Es handelt sich dann in erster Linie um Schlag- und Staudenfluren. Bleibt die Trasse über längere Zeit hinweg sich selbst überlassen, so stellt sich die standortübliche Sukzession ein.

Die Schneisen der **unterirdischen Versorgungsleitungen** bleiben meist unter 30 m breit. Allerdings sind der Nutzung dieser Schneisen enge Grenzen gesetzt, da aus Sicherheitsgründen Bebauung sowie Bepflanzung mit tiefwurzelnder Vegetation untersagt ist. Die Gründe für diese Regelung liegen darin, daß zum einen eine uneingeschränkte Begeh- bzw. Befahrbarkeit des Leitungsverlaufes jederzeit gewährleistet sein muß, und daß zum anderen Wurzeln in ungünstigen Fällen die Isolierungen der Stahlleitungen abdrücken und damit die Korrosion beschleunigen können (BISCHOFF & GOCHT 1981; DVGW 1976, 1985, 1989).

Im Falle einer Walddurchschneidung muß sich der Trassenbewuchs im wesentlichen auf gras- und krautartige, allenfalls buschige, stets aber flachwurzelnde Vegetation beschränken. Strauch- und Baumvegetation kann auf der Schneise im Bereich unmittelbar überhalb der Leitungsrohre grundsätzlich nicht stocken, mit zunehmender Entfernung zu den Leitungen wird diese strikte Einschränkung allerdings gelockert. Oftmals finden sich auf den Trassen Pfade oder Rasenstreifen, die gleichzeitig eine leichte Begehbarkeit gewährleisten (JAGO-DZENSKI 1992, mündl.; MÖLLER 1992, mündl.).

1.1.6 Nutzungsmerkmale

1.1.6.1 Freileitungen

An unzugänglichen Stellen oder an steileren Hangpartien in Mittel- oder Hochgebirgslagen sind Freileitungsflächen meist nutzungsfrei. Auch im Falle von Grenzertragsböden, die eine gewinnbringende Bewirtschaftung nicht mehr zulassen, wird im allgemeinen auf eine Nutzung verzichtet.

In der offenen Kulturlandschaft steht unter den Freileitungen einer uneingeschränkten **agrarischen Nutzung** nichts im Wege. Soll die Freileitung dabei über höherwüchsige Kulturen führen, wie z.B. Ho-pfen oder Obstbäume, so werden Masten mit entsprechender Höhe gewählt, damit auch zur Erntezeit ein ausreichend großer Schutzabstand zwischen den in den oberen

Stauden- oder Baumbereichen arbeitenden Personen und den Leiterseilen stets gewahrt bleibt (FISCHER 1992, mündl.).

Waldtrassen werden bei geeigneten Bodenverhältnissen von den Grundbesitzern gerne ackerbaulich genutzt und mit kleineren Feldern ausgestattet. Bisweilen findet sich auch die Kultivierung von Himbeer-, Brombeer- oder Erdbeerplantagen sowie von Obstbäumen. Die weitaus häufigere Nutzungsformen stellen an diesen Standorten allerdings Wildäcker und Christbaumkulturen dar.

Grünlandflächen mit extensiver Bewirtschaftung werden auch auf Trassen in Wäldern als Ersatzviehweiden oder zur zusätzlichen Heu- und Strohgewinnung genutzt. Sie finden sich häufig in klimatisch ungünstigeren Lagen, in denen eine intensive landwirtschaftliche Nutzung erschwert oder gänzlich unmöglich ist, wie z.B. in hängigen Mittel- oder Hochgebirgslagen oder an Standorten mit ständiger Beschattung.

Wildäcker werden sowohl unter Freileitungen als auch auf den Trassen erdverlegter Leitungen angelegt. Sie bestehen hauptsächlich aus speziell für das Wild gesäten Futterpflanzen und bisweilen aus niedrigen Büschen. Um die Attraktivität für die Tiere noch weiter zu steigern, werden oftmals noch zusätzliche Extras, wie z.B. Futterkrippen, Salzlecken etc., angeboten.

Für die Jäger ergeben sich durch linear verlaufende Waldschneisen sowohl ein optimales Beobachtungsfeld für die Überwachung der Bestände, als auch bequeme Standorte für den Abschluß von den Hochsitzen aus, da das Wild gewöhnlicherweise die Wildäcker regelmäßig aufsucht und auch das vielfältige Futter- und Deckungsangebot auf naturbelassenen oder niederwaldähnlichen Trassenabschnitten gerne annimmt. Durch ihre mannigfaltigen Habitatstrukturen weisen Schneisen im Vergleich zum Hochwald eine wesentlich höhere Wilddichte auf. Gleichzeitig dienen die Trassen mit ihrem Gebüsch- und Heckenbewuchs häufig als Äsungs- und Verbißflächen für das Wild (HEIDENREICH 1986).

Weihnachtsbäume mit ihrer langen Tradition sind heute aus unserem Leben nicht mehr wegzudenken. Die jährliche Nachfrage beläuft sich allein in Deutschland auf insgesamt etwa 16-18 Mio. Bäume. So bieten **Christbaumkulturen** eine erhebliche, in vielen Fällen unverzichtbare Einkommensergänzung sowohl für Einzelbetriebe als auch für größere Landstriche, wie z.B. Mittelgebirgsregionen, deren Landschaftscharakter von land- und forstwirtschaftlichen Betrieben entscheidend mitgeprägt wird.

Die Anlage von Christbaumplantagen unter Freileitungen entspricht einer der häufigsten Arten der Zweitnutzung, da diese im allgemeinen dem Grundbesitzer den höchsten Gewinn unter allen Möglichkeiten der Trassenbewirtschaftung einbringt. Das Artenspektrum der gepflanzten Bäume beschränkt sich im wesentlichen auf die Gemeine Fichte (*Picea abies*), Blaufichte (*Picea pungens var. glauca*), Nordmanntanne (*Abies nordmanniana*) und Pazifische Edeltanne (*Abies procera*) (RÜTHER 1990).

Normalerweise erfolgt der Abtrieb der Bäume spätestens mit einer Höhe von 2 bis 3 m. Es kann

allerdings vorkommen, daß der Zeitpunkt versäumt wird und der Aufwuchs leitungsgefährdende Höhen erreicht. In diesen Fällen obliegt es den Leitungsbetreibern, die Bäume auf eigene Kosten und Initiative zu entfernen.

Auf Trassenflächen, die keiner intensiveren Bewirtschaftung unterliegen, entwickeln sich vielfach **niederwaldähnliche Biotope**. Die Zusammensetzung der Pflanzenarten mit den stockausschlagfähigen Holzarten (wie Eiche, Hasel, Weide, Linde, Hainbuche) und auch die Umtriebszeit entspricht den klassischen Niederwäldern. Eine Nutzung im eigentlichen Sinne, also Verwendung des Holzes als Brennstoff, findet allerdings nur noch in wenigen Fällen statt; vorwiegend handelt es sich um Aufwüchse im Zuge der natürlichen Sukzession. Meist können die Bäume bis zu einer Höhe von etwa 15 m - in Mastnähe auch höher - unbehindert aufwachsen, bis sie den Sicherheitsabstand zu den Leiterseilen zu unterschreiten drohen. Bei Erreichen der zulässigen Wuchshöhe werden die Bäume auf den Stock gesetzt. Ausnahmen bilden Niederwälder in steileren Trassenhangbereichen, an denen aufgrund der natürlichen Gegebenheiten die Bäume eventuell sogar bis zum Reifestadium heranwachsen können.

1.1.6.2 Erdverlegte Leitungen

Bei allen unterirdischen Versorgungsleitungen kann eine uneingeschränkte **landwirtschaftliche Nutzung** der Trassenflächen erfolgen, es sei denn, es handelt sich um strauch- oder baumartige Kulturen (z. B. Weinstöcke, Obstbäume), bei denen die Gefahr besteht, daß die Wurzeln bis in die Tiefen der Leitungsführung vordringen könnten. Diese Anbauarten sind auf dem Schutzstreifen unmittelbar über den Leitungsrohren nicht gestattet. In Ausnahmefällen können besondere Präparationstechniken der Leitungsrohre (z. B. Verstärkung der Rohrwände, Anbringen von Trennwänden etc.) einen eingeschränkten Anbau ermöglichen, wobei aber stets die zwei Grundkriterien der Leitungsbetriebung (leichte Überwachbarkeit von der Luft aus und unbehinderte Befahrbarkeit) gewährleistet sein müssen (FGSV 1989; EMMER 1992, mündl.; JAGODZENSKI 1992, mündl.; MÖLLER 1992, mündl.).

Über unterirdisch verlegten Strom- und Gasleitungen muß auf ein Tiefpflügen im betroffenen Geländeausschnitt verzichtet werden. Auch ein Überqueren der Leitungen mit ausnehmend schweren Fahrzeugen ist nicht ohne weitere Vorsichtsmaßnahmen möglich, da Kabel und Pipelines sehr empfindlich auf Außenbelastungen reagieren. Es kommt dabei insbesondere auf die Tiefe der Rohrverlegung und die Art des überdeckenden Materials an, ob Schädigungen oder Beeinträchtigungen der Leitungen zu erwarten sind. In Fällen, in denen eine häufigere Überführung mit Schwertransportern nicht auszuschließen ist, werden beispielsweise Stromkabel vorsorglich mit Betonplatten abgedeckt, um die Druckauflage auf eine größere Fläche zu verteilen. In Einzelfällen wird die Anwesenheit eines Fachmannes nötig, der den ordnungsgemäßen Ablauf zu überwachen hat (EMMER 1992, mündl.; KOPP 1992, mündl.).

Wildäcker unterliegen keinerlei Beschränkungen seitens der Leitungsbetreiber, sofern es sich dabei um die üblichen flachwurzelnden Vegetationsformen handelt und eine leichte Befahrbarkeit der Leitung gewährleistet bleibt.

Christbaumkulturen werden im allgemeinen nicht geduldet, auch wenn dies bisweilen früher üblich war (z.B. bei Ölpipelines). Es hatten sich immer wieder Probleme mit nicht rechtzeitig abgetriebenen Bäumen ergeben, die zu tiefe Wurzeln ausbildeten, die Zugänglichkeit behinderten und damit die Sicherheit beeinträchtigten. Aus diesem Grund kam man überein, den Schutzstreifen über den Leitungen von baumartigen Gewächsen grundsätzlich völlig frei zu halten, die Kultivierung von Christbäumen zu den Rändern des Schutzstreifens hin jedoch nach genauer Überprüfung der Sachlage oder Absprache mit zuständigen Behörden zu gestatten (EMMER 1992, mündl.; KOPP 1992, mündl.; MÖLLER 1992, mündl.).

1.2 Wirkungsbereich

Wo sollte landschaftspflegerisches Wirken im Bereich von Leitungen ansetzen? Darauf versucht dieses Kurzkapitel eine Antwort.

Das Tätigkeitsfeld der Landschafts- und Biotoppflege im Trassenbereich erstreckt sich grundsätzlich auf drei Wirkungszonen (Abb. 1/4, S. 21).

ZONE 1:

Kurzfristig behebbare Entwicklungsdefizite

Sie betreffen die nicht durch eine Zweitnutzung belegten Schutzstreifen oberirdischer und unterirdischer Leitungen, auf denen unmittelbar nach der Trassenerstellung mit Gestaltungsmaßnahmen begonnen werden kann.

ZONE 2:

Mittelfristig behebbare Entwicklungsdefizite

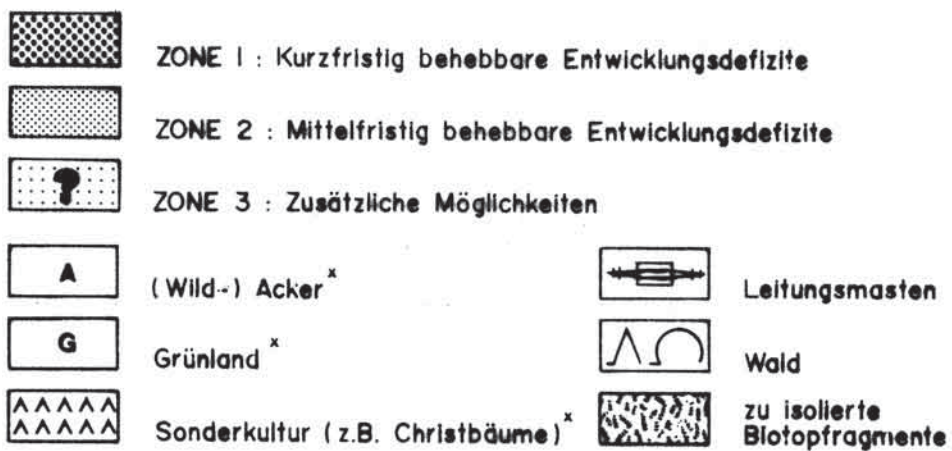
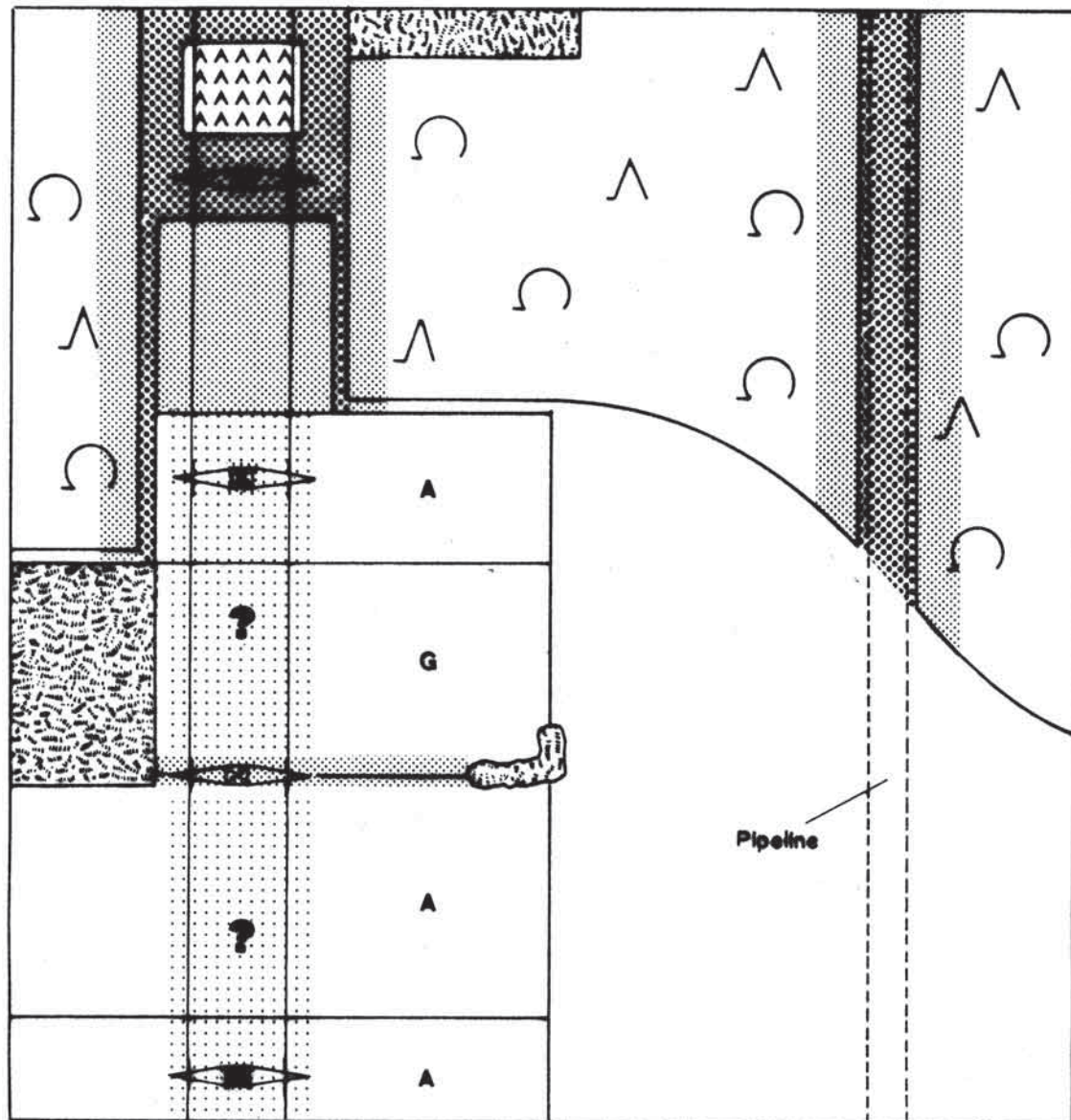
Durch landschaftsökologisch unbefriedigende Zweitnutzungen belegte Trassenbereiche, die in absehbarer Zeit abgelöst bzw. sukzessive in ökologisch günstigere Zustandsformen überführt werden sollten; Waldstreifen im Trassenkontakt, dessen waldbauliche und lebensräumliche Gegebenheiten den Trassenzustand und die Trassenentwicklung beeinflussen.

ZONE 3:

Langfristig behebbare Entwicklungsdefizite

Der Trasse im Freiland ästhetisch oder ökologisch zugeordneter Bereich, in dem Kompensationsmaßnahmen für den Trasseneingriff durchgeführt werden sollten (z.B. Großkronenbäume als optisches Gegengewicht zu Masten) oder in dem Biotopverbundelemente installiert werden sollten, die das trasseneigene Biotopinventar wirkungsvoll ergänzen und erweitern. Hierher gehören beispielsweise Hecken- und Rainsysteme, die isolierte Mastfußbiotop in einen biotisch effizienten Zusammenhang einbinden.

Bei walddurchschneidenden Trassen dehnt sich der Wirkungsbereich, besonders im Hinblick der abiotischen Faktoren, bis etwa 30 m in den angrenzenden



^x derzeitige Realnutzung

Abbildung 1/4
Wirkungszonen der Landschaftspflege in Leitungstrassen

Waldbestand hinein aus. Er endet nicht schlagartig an dem Punkt, an dem die Leitung den Wald verläßt und auf das offene Feld hinausführt, sondern umfaßt auch hier das angrenzende Umfeld.

1.3 Standortverhältnisse

Freileitungen sind grundsätzlich nicht an bestimmte Standorte oder Naturräume gebunden und werden deshalb weitgehend ohne Berücksichtigung der Topographie bis in höhere Gebirgslagen errichtet. Die Verlegung unterirdischer Leitungen dagegen findet ihre Grenzen an der Untergrundbeschaffenheit und dem Neigungswinkel des Geländes: Sowohl auf Felsgestein als auch bei zu steilen Hanglagen ist ein sicherer Einsatz von erdverlegten Leitungen nicht mehr möglich.

Dieses Kapitel soll in kurzen Zügen die charakteristischen Standortverhältnisse auf Leitungstrassen aufzeigen, die sich vielfach von den Gegebenheiten auf ungestörten Vergleichsflächen erheblich unterscheiden. Diese Abweichungen treten besonders deutlich bei walddurchschneidenden Trassen hervor, während sie im landwirtschaftlichen Kulturland weitgehend ohne Einfluß bleiben. [Kap. 1.3.1](#) geht zunächst auf die speziellen Bedingungen an unbewirtschafteten Maststandorten ein, [Kap. 1.3.2](#) bespricht anschließend die Veränderungen der Standortfaktoren bei walddurchschneidenden Leitungstrassen.

1.3.1 Maststandorte

An nutzungsfreien Maststandorten entstehen quadratische Ruhezone, die sowohl im Offenland als auch im Waldbestand - ungeachtet der angrenzenden Nutzungsart - weder gedüngt noch mit Pestiziden besprüht werden. Diese kleinräumige Fläche bildet sich zu einem naturnahen Areal aus, das sich aufgrund seiner Eigenschaft deutlich von der Umgebung abhebt und die Biozönose positiv beeinflusst. Als eine mögliche mikroklimatische Veränderung könnte sich durch das Abfangen des Schlagregens und die Traufwirkung an den Stützfundamenten eine leichte Niederschlagskonzentration am Fuße hoher Gittermasten mit geringfügigen Abweichungen im Bodenfeuchtehaushalt einstellen.

1.3.2 Waldtrassen

Der abrupte Eingriff eines Trassenaufhiebes hat nachhaltige und dauerhafte Auswirkungen auf die abiotischen Standortverhältnisse des Waldökosystems. Sie betreffen nicht nur die Abweichungen im Mikroklima, Wasser- und Nährstoffhaushalt, sondern auch die daraus resultierenden Veränderungen der Bodenoberfläche und der Lebensbedingungen für die Pflanzen und Tiere in der Trasse (HERRINGTON & HEISLER 1974; FUNK 1986).

Etwa fünf Jahre lang entsprechen die Trassenrodungen einem normalen Kahlschlag. Während dieser dann jedoch über einen natürlichen Vorwald oder eine Aufforstung wieder zum Ausgangszustand zurückkehrt, wird ein Trassenhieb durch die techni-

schon Anforderungen ständig offen oder in einem niederwaldartigen Zustand gehalten und kommt somit über das Pionier- bzw. Vorwaldstadium kaum hinaus.

Nachdem bisher nur wenige ökologische Studien über Leitungstrassen vorliegen, muß auf Ableitungen aus Untersuchungen über Kahlschläge in Wäldern zurückgegriffen werden. Die hier berichteten Veränderungen im Waldbestand nach einem Trasseneinschlag müssen nicht unbedingt den Regelfall darstellen, können jedoch in Extremsituationen unter Summierung anderer ungünstiger Umstände durchaus eintreten.

1.3.2.1 Mikroklima

Mit Öffnung der Schneise entstehen wirkungsvolle **Windkanäle** mit entsprechend hohen Windgeschwindigkeiten (ADAM 1985). Besonders stark betroffen ist der windausgesetzte, neu geschaffene Trassenrand, der sich aufgrund des fehlenden Mantels den Angriffen des Windes nur schwer zu widersetzen vermag; Windbruch und Windwurf sind häufig die Folge (CEMAGREF 1986; FUNK 1986).

Die Düsenwirkung macht sich auf lockeren Sandböden mit geringer organischer Auflage durch **Abweh-ung** und Umlagerung bemerkbar. In den Flugsandgebieten des Mittelfränkischen Beckens sind Ansätze zu dünenhafter Umlagerung erkennbar. Das dortige "Sandstrahlgebläse" begünstigt die Ausbreitung von Silbergrasfluren.

Auf bindigeren Böden kann der Windangriff zumindest die oberflächlich austrocknenden und zerbröselnden Rohhumusdecken erfassen und die Wassererosion bei der Freilegung des Unterbodens unterstützen.

Veränderungen der Lufttemperatur sind als Sekundäreffekt des veränderten Anteils von Sonne und Schatten zu betrachten. Durch die Beseitigung der Vegetation kann die Sonne ungehindert auf die Schlagfläche einstrahlen. Als Schwachstelle erweisen sich wiederum die Trassenränder. Da sich der Einfluß der Besonnung bis über 30 m weit in das Bestandesinnere nachweisen läßt, werden nicht nur alle schattenliebenden Pflanzen in diesem Bereich verdrängt, sondern auch feinrindige Baumarten, wie Buche und Ahorn, durch **Rindenbrand** gefährdet. Die betroffenen Bäume trocknen aus und sterben im schlimmsten Fall ab. Derart geschwächt, wird die Vegetation leichter das Opfer von Pilz- oder Insektenbefall sowie von anderen Krankheiten (CEMAGREF 1986).

Als Resultat der Ereignisse läßt sich eine hochgradige **Destabilisierung des Waldbestandes** beobachten (FUNK 1986), die zunächst nur eine ungewollte Ausdehnung der Trasse (KNAUER 1985) nach sich zieht, im Extremfall jedoch zum vorzeitigen Auflösen eines größeren Waldbestandes führen kann (JOBST 1980).

Eine Verstärkung der negativen Effekte wird erreicht durch die von Sonne und Wind begünstigte Ausmagerung des Bodens und die damit in Zusammenhang stehende größere **Erosionsgefahr** (FUNK 1986).

Ein weiterer Aspekt zur Verschlechterung des Trassenklimas ist die erhöhte **abendliche und nächtliche Wärmeausstrahlung** auf Freiflächen. Schneisen sammeln die Kaltluft schlauchartig und leiten sie in andere Gebiete ab. Die Wirkung dieser Kaltluftseen wird im Winter noch verstärkt durch beständige Schnee- und Eisanhäufungen in eingemuldeten Trassenabschnitten (JOBST 1980), so daß der auf diese Weise entstehende Temperaturunterschied zum angrenzenden Waldbestand in Extremfällen über 10° C betragen kann (ADAM 1985).

DIEFENBACH (1990) ermittelte bei seinen Messungen allerdings nur tagsüber deutliche Temperaturunterschiede zwischen Schneise und Waldbestand, während die nächtlichen Minimumtemperaturen in den Trassen nur geringfügig unter jenen des Waldes lagen, so daß die von JOBST (1980) und ADAM (1985) angeführten nächtlichen Wärmeausstrahlungen vermutlich nur für breitere, bewuchsfreie Schneisen relevant sind und weniger die meist mit niedriger Vegetation bestockten Trassen betreffen.

PREISS (1986) reduziert die auf kurzer Horizontalstanz auf tretenden mikroklimatischen Veränderungen auf folgende grundlegende Eigenschaften, die die Ausbildung eines deutlichen Gradienten anzeigen (Tab.1/4).

Tabelle 1/4

Tendenzen der mikroklimatischen Veränderungen bei einer walddurchschneidenden Trasse (nach PREISS 1986)

Faktor	Trasse	Walddinneres
Licht	hell	dunkel
Feuchtigkeit	trocken	feucht
Wind	windig	windstill
Temperatur	warm	kühl

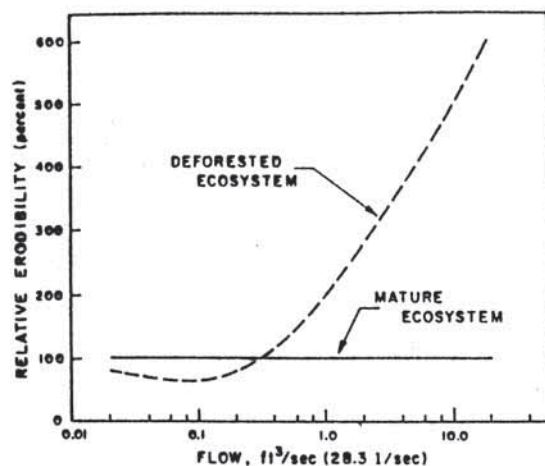


Abbildung 1/5

Zunahme der Erosionsanfälligkeit in Abhängigkeit vom Oberflächenabfluß nach einem Kahlschlag (BORMANN et al. 1974)

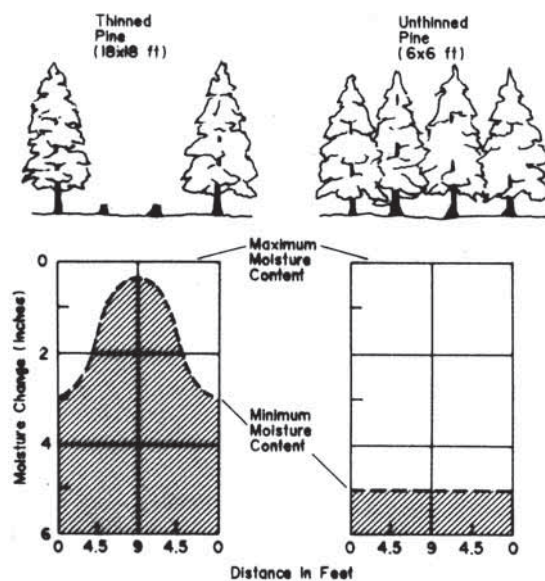


Abbildung 1/6

Bodenfeuchtevergleich in gelichteten und geschlossenen Kiefernbeständen (nach DOUGLAS 1967, zit. in RINGLER 1986)

Somit stehen den starken Kleinklimaschwankungen der Freiflächen die ausgeglicheneren Verhältnisse im Bestandesinneren gegenüber. Ein ausgeprägter kontinental gefärbter Mikroklimaverlauf im Tages- und Jahresrhythmus ist dabei zu erkennen (RINGLER 1986). Von der Tier- und Pflanzenwelt erfordert dies entsprechende physiologische oder ethologische (z.B. Wanderbewegungen) Anpassungen an die bevorzugten Biotoptypen und teilweise unterschiedliche Lebensgemeinschaften in den einzelnen Habitaten.

1.3.2.2 Wasserhaushalt

Extreme Temperaturverhältnisse auf Trassen beeinflussen wiederum den Wasserhaushalt, der sich in ebenso hohen wie ungleichmäßigen Tages- und Jahresschwankungen des oberflächennahen Feuchtegehaltes ausdrücken kann. Höhere Abflußsummen und -spitzen sind das wesentliche Kennzeichen von entwaldeten Flächen (RINGLER 1986). Sie kommen deshalb zustande, weil zum einen aufgrund der fehlenden Interzeption und der verringerten Gesamtverdunstung mehr Niederschlagswasser auf die Bodenoberfläche gelangt, zum anderen aufgrund der nicht mehr vorhandenen Wurzelsickerbahnen und dem verschlechterten Speichervolumen weniger Wasser in den Boden einzudringen vermag. Die Folge davon sind hauptsächlich oberirdisch abfließender Niederschlag, hohe Tendenz zu lokalen Bodenvernässungen und erhöhte Erosionsanfälligkeit der Schlagfläche (CEMAGREF 1986; JARASS et al. 1989) (Abb. 1/5).

Selbst kleinere Bestandeslücken im Wald, wie z.B. eine Niederspannungstrasse, reichen aus, um die Bodenfeuchte deutlich anzuheben (Abb. 1/6, S. 24).

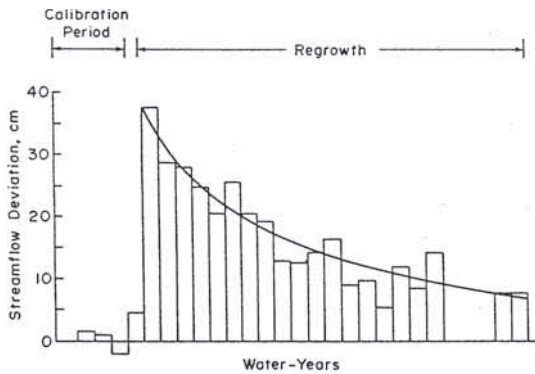


Abbildung 1/7

Abflußreduktion im Verlauf der Wiederbewaldung nach einem Kahlschlag (nach HIBBERT 1967, zit. in RINGLER 1986); Nulllinie = Abflußsummen des ungestörten Bestandes.

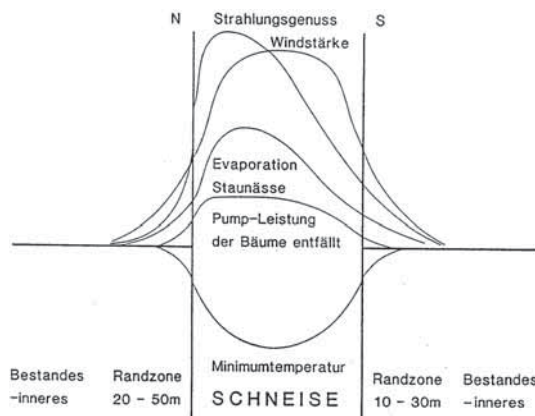


Abbildung 1/8

Kleinklimagradienten einer Trasse (RINGLER 1986)

Erst im Verlauf der natürlichen Sukzession auf der ehemaligen Schlagfläche ergibt sich langsam eine Reduktion des Abflusses. In langjährigen Untersuchungen stellte HIBBERT (1967, zit. in RINGLER 1986) fest, daß diese Abflußdämpfung zwischen zehn und 23 Jahre in Anspruch nehmen kann (s. Abb. 1/7, S. 24).

Auf ständig offenen Leitungstrassen allerdings unterbleibt der allmähliche Ausgleich der Wasserbilanz weitgehend, bedingt durch das fortwährende Auslichten bzw. Niedrighalten der Vegetation, solange die Stromleitung in Betrieb ist. So lassen sich unter Berücksichtigung der abiotischen Verhältnisse die kleinklimatischen Gradienten auf einer Schneise in einem hypothetischen Beispiel folgendermaßen zusammenfassen (Abb. 1/8, S. 25).

1.3.2.3 Nährstoffhaushalt

Das veränderte Abflußregime beeinflusst auch den Nährstoffhaushalt der Schlagflächen. Die höhere Sonneneinstrahlung und Temperatur begünstigen die Humuszersetzung und die Freisetzung der Nährstoffe, was zur Ausbildung einer üppigen **Schlagflur** beiträgt.

Mit zunehmender Bodenerosion infolge des verstärkten oberirdischen Abflusses verschwinden jedoch bald die Nährelemente aus dem Waldboden. Die Bodenverarmung auf einem Dauerkahlschlag schreitet kontinuierlich fort; es kommt zu **verstärkter Ausmagerung des Bodens** und damit zur Annäherung an Rohboden-Pionierstadien. Dieses Ergebnis ist naturschutzfachlich nicht unerwünscht, da mit der Entwicklung magerrasenartiger Bestände auf Trassen ein in unserer intensiv bewirtschafteten Kulturlandschaft fast schon ganz verschwundener Biotoptyp gepflegt werden kann, der seltenen Tier- und Pflanzenarten ein Refugium bietet.

In Versuchen an Kahlschlägen wurde nachgewiesen, daß der Nährstoffaustrag bei Kalzium, Kalium und Nitrat bereits kurz nach dem Entwaldungsereignis einsetzte. Erst nach etwa sechs Jahren näherte sich der Nährstoffverlust den natürlichen Abbauraten bewaldeter Vergleichsflächen wieder an. Im Gegensatz dazu kam es erst knapp zwei Jahre nach der Rodung zu einem Austrag der Sedimente, der dann allerdings den 16fachen Wert der ungestörten Vergleichsflächen erreichte (Abb. 1/9).

Selbstverständlich wird das Nährstoffaustragsverhalten sehr stark von der Trassenmorphologie und den geologischen Verhältnissen gesteuert. Hangsenkrechte Schneisen auf stauenden Gesteinen werden am austragsempfindlichsten sein, da hier eine große Neigung zur Erosion besteht.

1.4 Pflanzenwelt

In bezug auf Leitungstrassen sind drei Vegetationskategorien von Belang:

- Vegetationseinheiten, die von Leitungen über- oder durchquert, aber nicht geprägt werden (Leitungstangierte, aber nicht-geprägte Vegetation); [Kap. 1.4.1.](#)
- Vegetationseinheiten, die vor dem Leitungsbau vorhanden waren, aber sich in einer zunehmend bestockenden Landschaft nur auf der Trasse erhalten haben (trassengebundene Reliktvegetation); [Kap. 1.4.2.](#)
- Durch die Trasse und ihre Unterhaltung geprägte Vegetationseinheiten (trassengeprägte Vegetation); [Kap. 1.4.3.](#)

Vegetationstypen nach [Kap. 1.4.1](#) bestimmen das Umgebungsmilieu und den kolonisationsbereiten Artenvorrat. Sie sind nur kleinflächig oder randlich in das trassenbezogene Gestaltungskonzept einzu beziehen und werden hier nur gestreift. Ebenso knapp läßt sich [Kap. 1.4.2](#) (S. 25) abhandeln, weil die einschlägigen Vegetationseinheiten in der gängigen Fachliteratur und auch in anderen LPK-Bänden hinreichend beschrieben sind.

Ein Darstellungsschwerpunkt liegt dagegen auf [Kap. 1.4.3.](#) (S. 27). Innerhalb der jeweiligen Teilkapitel wird auch auf die Flora der Trassenbereiche eingegangen, weil sich Erhaltungsschwerpunkte und Pflegeziele viel weniger mit stabilen Pflanzengesellschaften als mit Artenvorräten und naturschutzvorrangigen Pflanzenarten verknüpfen lassen.

1.4.1 Tangierte, aber nicht von der Leitung geprägte Vegetation

Frei- und Erdleitungen überspannen oder durchschneiden in Bayern die meisten naturnahen bis intensiv genutzten Vegetationseinheiten zumindest randlich an einer oder mehreren Stellen. Sogar Seen (z.B. Schloßsee/RO), naturnahe Hochmoore (z.B. Kendlmühlfilze/RO, Waldmoor bei Peiß/M) oder steile Bergwaldflanken mit thermophilen Schneeheide-Kiefernwäldern (z.B. Karwendel bei Mittenwald) können betroffen oder tangiert sein. Überschneidungshäufigkeiten von Vegetationstypen resultieren im wesentlichen aus dem

- Flächenanteil und der Stetigkeit dieser Typen in Bayern;
- Verteilungsbild des Leitungsnetzes (Im Falle von Hoch- und Mittelspannungsleitungen sind z.B. Ballungsgebiete, Industriezentren und Kraftwerksumfelder überproportional vertreten.);
- Bestreben, Siedlungsüberspannungen und Wald-durchschneidungen zu minimieren.

Beim Anteil an der Gesamt-Trassenlänge ergibt sich nach unseren vorläufigen Erhebungen etwa folgende Reihenfolge:

Acker > Intensivgrünland > Fichtenforst > Kiefernforst > naturnahe Auwälder bzw. sekundär naturnahe Auenbiotope > sonstige naturnahe Laubmischwälder offene Extensivbiotope (Magerrasen, Niedermoorstreuweisen, Talfeuchtwiesen, Streuobstflächen u.a.) > primäre natürliche Offenlandbiotope (z.B. wenig gestörte Hochmoore, Steppenheiden, Felsen) > Agrotupe (z.B. Raine, Flurzwinkel, Hekken).

Die über- oder durchquerten Vegetationseinheiten sind Artenlieferanten und Kontakthabitate für die trassenspezifischen Vegetationsausbildungen.

Für den "Trassenpfleger" ist die Kenntnisnahme von besonders wertvollen überspannten oder durchquerten Vegetationseinheiten unentbehrlich, um den Management-Aufwand zu minimieren und damit eine Mittelvergeudung auszuschließen.

Dafür seien zwei Beispiele gegeben:

In den floristisch (und faunistisch) wertvollen Streuwiesenbiotopen Nr.104 und 25/TK 8035 (TÖL) sollten die überspannten Teile von Anfang an von Gehölzanflug freigehalten, d.h. einer regulären Streuwiesenpflege unterworfen werden. Andernfalls wird die Existenzsicherung für Moortarant (*Swertia perennis*), Alpenfettkraut (*Pinguicula alpina*), Enzianarten (*Gentiana clusii*, *Gentiana utriculosa* u.a.) und viele andere RL-Arten unnötig aufwendig, da total verfilzte und/oder angeflogene Sukzessionsstadien nur mit wesentlich vermehrtem Aufwand in das Artenschutzoptimum rückgeführt werden können.

Wegen des in ganz Franken stark gefährdeten Lungenzians (*Gentiana pneumonanthe*) ist der Naßwiesenrest unter der Hochspannungsleitung südwestlich Altmannshausen/NEA von erheblicher regionaler Bedeutung. Eine frühsummerliche oder spätherbstliche Mahd alle 1-2 Jahre (z.B. durch den Trassenbetreuer) gibt die beste Gewähr für eine Existenzsicherung dieser Art.

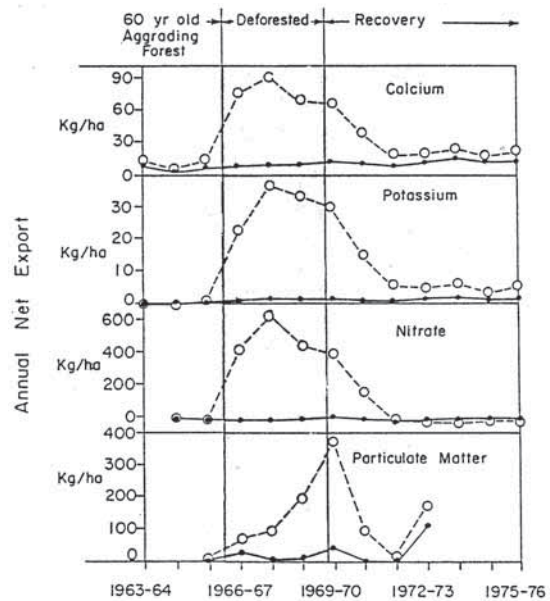


Abbildung 1/9

ährelement- und Sedimentaustag auf einem Kahlschlag (gestrichelt) und einer bewaldeten Vergleichsfläche (nach LIKENS et al. 1978, zit. in RINGLER 1986)

1.4.2 Trassengebundene Reliktvegetation und -flora

Ältere Schneisen können Grünland- und Magerrasentypen konservieren, die außerhalb des Leitungsbereichs von der Landnutzungsdynamik weitgehend verdrängt (z.B. aufgeforstet) sind. In solchen Fällen übernehmen Trassen und Trassenunterhalt eine Arche-Noah-Funktion. In vielen Fällen tritt die technische Unterhaltung unbeabsichtigt in die Fußstapfen verschwindender Extensivnutzungsformen, die artenschutzwichtige Dauerstadien aufrechterhalten hatten.

Alle Leitungstypen enthalten zusammengenommen ein beachtliches Spektrum solcher heute allgemein höchst bedrängter Mangeltypen; zu den bemerkenswertesten Beispielen gehören in Bayern:

- magere Pechnelken-Glatthaferwiesen, z.T. mit Restpopulationen der bedrohten Holunderorchis (*Dactylorhiza sambucina*) - so z.B. auf einer Niederspannungsschneise südlich St. Englmar/SR;
- magere Bärwurz-Bergwiesen auf offenen, schneiseengebundenen Restflächen in Fichtenaufforstungsgebieten des Frankenwaldes (z.B. bei Teuschnitz/KC);
- Brennen-Halbtrockenrasen (spezielle MESOBROMETUM-Ausbildungen) und Sanddorngebüsche auf Auenschneisen an Iller, Lech, Isar, Alz und Inn;
- Magerrasen-Reste auf Erdhügel bei Schwaiganger/GAP (s. Foto 1 im Anhang);
- Erdseggen-Trockenrasen (noch gehölzarme Stadien des Erdseggen-Schneeheide-Kiefernwaldes), die nur auf Leitungsschneisen von der beschleunigten Sukzession nach Beendigung regelmäßiger Hochwässer und der Waldweide ausgeschlossen sind (z.B. Nantweinder Isar-Au/TÖL);

- Reste von bodensauren Buntsandstein-Wacholderheiden der Vorrhön, die nach Aufhören der Schäferei verwaldet sind (z.B. 400 m südlich des Lösershag/KG);
- blößenreiche thermophile Eichenbuschwälder und Niederwaldvegetationstypen (z.B. SELINO-QUERCETUM, LITHOSPERMO-QUERCETUM), die im Leitungsbereich des Keupers, Muschelkalks oder der nordwestlichen Frankenalb an die historische Nutzungsform anknüpfen, im Nachbarbereich allerdings zu Hochwäldern mit völligem Verlust der lichtliebenden Flora durchwachsen (z.B. südwestlich Scheinfeld/NEA);
- Pfeifengras- und Filzseggenrasen mit vielen gefährdeten Kalkmagerrasen- und Streuwiesenarten (z.B. Hoch- und Mittelspannungsschneisen bei Geretsried/TÖL (s. Foto 2 im Anhang), an der Unteren Isar und am Unteren Lech);
- Streuwiesenrelikte auf der Trasse bei Traubing/STA (s. Foto 3 im Anhang).

Die **Florenausstattung** einzelner Leitungsschneisen muß als erlaucht bezeichnet werden. Die in den angrenzenden Räumen nach der Beendigung extensiver Nutzungen um sich greifenden Gehölzsukzessionen und Aufforstungen verdrängen viele RL-Arten, von denen dann oft nur mehr im Trassenunterhaltungsbereich ansehnliche Populationsfragmente überleben. Mechanische Bodeneingriffe im Trassenbereich begünstigen bisweilen gerade einige der bedrohtesten konkurrenzschwachen Pflanzenarten (so z.B. Arnika, Waldläusekraut, Flachbärlapparten, Orchideenarten).

Einige **Fallbeispiele** sollen die Refugialfunktion bestimmter Leitungsschneisen für naturschutzvorrangige Pflanzenarten veranschaulichen:

- Auf den Hochspannungsschneisen durch die Lechauen der Landkreise Aichach-Friedberg (Biotope Nr. 123, 125 auf TK 7431, Nr. 19 auf TK 7531, Nr. 61, 75 und 78 auf TK 7731), Augsburg und Landsberg finden sich in Kalkmagerrasen, Pfeifengrasfluren, artenreichen Gebüschern, Säumen und niederwaldartigen Bereichen folgende Arten der Roten Liste Bayern:

Allium carinatum
Anacamptis pyramidalis *
Aster amellus
Antennaria dioica
Centaureum pulchellum
Cirsium tuberosum
Crepis praemorsa
Cypripedium calceolus
Daphne cneorum
Epipactis palustris
Equisetum ramosissimum
Equisetum variegatum
Gentiana asclepiadea

Gentiana clusii
Gentiana cruciata
Gentiana verna agg.
Herminium monorchis
Hypochoeris maculata
Iris variegata
Lilium bulbiferum
Linum viscosum
Lithospermum officinale
Melampyrum cristatum
Ophrys holosericea
Ophrys insectifera
Ophrys sphegodes ssp. *sphogodes*
Orchis coriophora
Orchis militaris
Orchis morio
Orchis ustulata
Platanthera chlorantha
Primula farinosa
Pulicaria dysenterica
Scabiosa canescens
Scorzonera humilis
Selaginella selaginoides
Seseli annuum
Spiranthes spiralis
Tetragonolobus maritimus
Thalictrum simplex
Thesium linophyllum
Thesium pyrenaicum
Thesium rostratum

Auffallend sind konkurrenzschwache, dealpine, submediterrane oder subkontinentale Geoelemente, die offensichtlich der unregelmäßigen Offenhaltung und Erneuerung von Pionierstandorten ihr Überdauern verdanken (z.B. *Anacamptis pyramidalis*, *Daphne cneorum*, *Ophrys holosericea*, *Ophrys sphegodes*, *Orchis coriophora*, *Selaginella selaginoides*, *Tetragonolobus maritimus*).

- Auf Halbtrockenrasenschneisen durch Kiefern(hang)wälder der Oberpfälzer Alb im Lkr. Amberg-Sulzbach, z.B. beim Hussitenloch und am Kalkofenberg bei Irsensollen, nördlich des Hainzenberges im Birgland, finden sich mit die ansehnlichsten Restbestände von Steppenane-mone (*Anemone sylvestris*), Katzenpfötchen (*Antennaria dioica*), Frauenschuh (*Cypripedium calceolus*), Fliegenragwurz (*Ophrys insectifera*) u.a. in diesem Naturraum.
- Wellenkalk-Magerrasenrelikte auf Leitungsschneisen des Lkr. Bad Kissingen (z.B. südwestlich Fuchsstadt bei Elfershausen, an der B 19 bei Nüdlingen), am Rammersberg bei Karlstadt, auf der Eßbachhöhe nördlich Neßlar/MSP und südöstlich Lengurth/MSP beherbergen Schlüsselarten des Naturschutzes, wie z.B.: *Linum tenuifolium*, *Acer monspessulanum*, *Anemone sylve-*

* fettgedruckt sind Vorkommen von herausragender Bedeutung aufgrund von
 - sehr begrenztem Areal in Bayern
 - Vorkommen am Arealrand oder auf vorgeschobenem Posten
 - RL 1 oder 2

stris, *Melampyrum cristatum*, *Aster amellus*, *Aster linosyris*.

- Da die für die Alpenflußunterläufe charakteristischen Durchdringungen von Trockenrasen, Brennen und (wechsel-)feuchten Senken heute durch landwirtschaftliche Intensivierung und Aufforstung fast überall zerstört sind, kommt einschlägigen Verzahnungskomplexen auf den Leitungsschneisen erhöhte Bedeutung zu. Solche Gradientenzonen sind nicht nur am Lech, sondern auch an der Unteren Isar (z.B. DGF) und an der schwäbischen Donau (z.B. NU, GZ) durch engräumige Koexistenz von Duftlauch (*Allium suaveolens*), Aufrechtem Lein (*Thesium linophylon*), Knollendistel (*Cirsium tuberosum*), Lungenenzian (*Gentiana pneumonanthe*), Schwarzwurzel (*Scorzonera humilis*), Filzsegge (*Carex tomentosa*), Hundswurzel (*Anacamptis pyramidalis*) ausgezeichnet.
- Leitungsschneisen im Grundgebirge haben abschnittsweise alte Extensivrasen vor Fichtenaufforstung bewahren können. So etwa halten sich auf den Bergwiesen und Borstgrasrasen von Frankenwaldschneisen im Tschirner Ködel/KC: Arnika (*Arnica montana*), Bärwurz (*Meum athamanticum*), Quellkraut (*Montia fontana*), Waldläusekraut (*Pedicularis sylvatica*), Wiesenleinblatt (*Thesium pyrenaicum*) und Verschiedenblättrige Distel (*Cirsium heterophyllum*).

Hier hat nur ein Hochspannungskorridor das typische Biotopspektrum eines naturnahen Frankenwaldtales vor der Fichtenaufforstung bewahren können.

1.4.3 Trassengeprägte Vegetation

Welche Vegetationsausschnitte und -ausbildungen wären ohne den Eingriff des Leitungsbaues und Folgemanagements so nicht vorhanden? Welche Phytozönosen und Pflanzenarten erfordern im Management erhöhte Aufmerksamkeit, sind trotz ihres technologischen Ursprungs bewahrenswert?

Im Unterschied zu den Kapiteln 1.4.1 und 1.4.2 ist hier eine getrennte Besprechung von elektrischen Freileitungen und Erdleitungen notwendig. Erstere gestalten die Pflanzendecke im wesentlichen "nur" durch oberflächliche und Vegetationseingriffe, letztere zusätzlich auch durch Erdbau, Bodeneingriffe und Substratumschichtung.

1.4.3.1 Freileitungstrassen

Die von den Bau- und Unterhaltungsmaßnahmen geprägten Pflanzenbestände entlang von Freileitungen sind so uneinheitlich wie die Eingriffe und Behandlungsmaßnahmen (Rodung, Einflußbereich der Mastfundierung, Fahrstreifen etc.) und wie die durchquerten Gesteins- und Bodenlandschaften, Reliefbereiche und Kontaktvegetationstypen. Im Regelfall etablieren sich Pflanzenbestände, die auch in anderen technisch gestörten Landschaftsteilen, auf Sozialbrachen, in forstlichen Hiebflächen und in Windwürfen auftreten, also nicht trassenspezifisch sind.

Zunächst werden charakteristische Vegetationsentwicklungen und -phasen auf Waldschneisen mit ihren bestimmenden Auslösefaktoren skizziert. Darauf wird das Gesamt-Artenspektrum mit der übrigen Landschaft verglichen. Schließlich seien seltene/gefährdete, d.h. pflegevorrangige Arten und Gesellschaften hervorgehoben.

1.4.3.1.1 Vegetationsentwicklung und auf Schneisen besonders verbreitete Pflanzenbestände

Kennzeichnend ist eine starke Vegetationsdynamik mit raschem Wechsel der Entwicklungsstufen und damit auch der Pflanzengesellschaften. Häufig durchdringen sich in den Trassen auf engstem Raum Vertreter der verschiedensten pflanzensoziologischen Einheiten (v.BRACKEL 1989; DIEFENBACH 1990).

Besonders in den ersten Jahren nach dem Rodungseingriff schnellt die Artenzahl nach oben. Nach SCHMIDT (1975) steigert eine Verdopplung der Lichtmenge die Pflanzenartenzahl bis auf das Zweieinhalbfache und den Deckungsgrad bis auf das Sechsfache. Leitungseigene Wege fördern zusätzlich lichtbegünstigte Geophyten und Unterwuchspflanzen (GEPP 1980).

Ausdruck des hohen Lichtangebotes ist die Blühzeitverlängerung. Während im dichten Waldbestand der Blütehöhepunkt meist bis zum Juli abgeschlossen ist, beginnt die Blütezeit in den Trassen früher als im Wald und nimmt erst gegen Ende der Vegetationsperiode im Oktober allmählich ab.

Zumindest in den Schneisen-Pionierphasen steht während der gesamten Vegetationsperiode genügend Licht zur Verfügung, während im Mischwaldbestand der Lichtgenuß der Bodenschicht bei vollem Laubaustrieb auf ca. 2% reduziert wird.

Später blühende Arten können sich daher auf Schneisen viel besser entfalten.

Mittelfeuchte, humusreiche Schneisen mobilisieren durch Rodung, mechanische Bodenverletzung und Oberflächenerwärmung ihre oft beträchtlichen Stickstoffvorräte rascher als die vorgängigen Wälder. Vorher inaktive, nadelstreuüberdeckte Humusstapel machen in nur wenigen Jahren ihren organisch gebundenen N-Vorrat pflanzenverfügbar (Fichtenforste).

Üppige Schlagfluren nutzen auf mesophilen Schneisenstandorten dieses Angebot. Zunächst EPILOBION-Schlagfluren, nach zwei Rodungsjahren zunehmend auch Brombeergestrüppe, überwuchern nun die initialen Annuellenfluren und unterdrücken bis zu einem gewissen Grad die auf ihre Chance wartenden Arten darauffolgender Sukzessionsstadien.

Trotz dieser stellenweisen Verdämmungseffekte und als Folge raschen Vorratsaufbrauchs entfaltet sich auf den Rodungsschneisen nacheinander aber doch ein Großteil des ruhenden Samenvorrats ("dormant seed bank"). Bei einigen Schneisenarten (z.B. Besenheide) können die nun keimenden Diasporenvorräte bis zu 70 Jahre vorher, z.B. in einer früheren

Kahlschlagperiode oder vor der Aufforstung, angelegt worden sein.

Das Artenpotential erweitert sich durch erhöhten Sameneintrag in die Schneise von außerhalb durch Wind- und Vogelverbreitung (JARASS et al 1989).

Die Dornestrüpp-Phase verbannt einerseits Konkurrenten der gleichen oder niedrigerer Vegetationsschichten, schafft aber andererseits ein günstiges Mikro-Wuchsklima für Vorwaldgehölze und lichtkeimende Hauptholzarten (Birke, Faulbaum, Espe, Vogelbeere, Fichte, Eiche, stellenweise Esche und Bergahorn). Die Hauptholzarten entwickeln sich dabei nach Maßgabe der jeweiligen Schalenwildichte, möglicherweise aber auch in besonders dichten, von Rehen eher gemiedenen, Brombeerdickichten etwas ungehinderter. Die Vor- oder Jungwaldphase geht nicht mehr in die Hochwald-Altholzphase über, die die zulässige Wuchshöhe überschreiten würde.

Der skizzierte Entwicklungsverlauf ist zwar auf mitteleuchten, humusreichen Schneisen sehr häufig. Doch weichen auch hier bestimmte Schneisen-Sonderstandorte erheblich ab.

Dies gilt insbesondere für Mulden, Naßgallen, Quellstellen, Steilkuppen, Hangkanten sowie generell für südexponierte Schneisenränder.

Xero-thermisch bedingte Hemmung der N-Mobilisierung, Hitzetrocknis bzw. ein vorzeitiger Humus- und N-Verbrauch können hier (zunehmend) produktionschwache, schütterere und niedrigwüchsige Magergrasfluren und Zwergstrauchanflüge begünstigen. Rotstraußgrasrasen, Wimperhabichtskraut, Schlangenbärlapp- und Thymian-"Spaliere", Borstgras-, Sieglingien-Rasen sowie herdenweise Besenheideflächen finden sich innerhalb mesophiler, nicht zu schmaler Waldschneisen daher bevorzugt auf den Sonnseiten (also vor allem an Hochspannungs-Breitschneisen, kaum auf engen Pipeline-Trassen).

In humusarmen Sandkiefernforsten (z.B. im Regnitz-Becken, auf den Pleinfelder Sanden, im Oberpfälzer Hügelland und auf den Tertiärsanden des Bayerischen Waldes) erzeugen breitere, bisweilen auch schon schmalere Schneisenanfriebe auf den nur schwach humosen, allenfalls mit dünner Nadelstreu überdeckten Rankern, Podsol-Rankern und Podsolen einen extremen, kontinental getönten Mikrostandort. Statt üppiger Schlagfluren bilden oder halten sich nur schütterere Grasfluren (z.B. *Avenella flexuosa*, *Carex pilulifera*, *Corynephorus canescens*, *Festuca ovina* s.l.) mit z.T. sehr seltenen Arten (z.B. *Helichrysum arenarium*; s. auch Foto 4 im Anhang) und/oder Zwergstrauchheiden (z.B. *Genista germanica*, *Chamaecytisus supinus*, *Calluna vulgaris*, *Vaccinium vitis-idaea*). Im Abensberger Dünengebiet beobachten wir außerdem ausgedehnte Spark- (*Spergula morisonii*-)Fluren, wohl als Vorboten einer Herausbildung zu Silbergrasheiden. Bereits bei mäßigem Windangriff können die spärlichen Streuaufgaben verblasen werden und sich Sand-Pionierfluren herausbilden. Schon vor der Rodung humus- und vegetationsfreie Föhren-Stammablaufzonen, in denen der Bleichsand offen liegt, können hierbei initiiierend wirken. Die Gehölzsukzession beschränkt sich häufig auf herdenweisen Kiefernaufruch.

Natürlich entwickeln sich auch flachgründige, hitzige Karbonatgesteinsstandorte (z.B. in den Bayerischen Alpen, an Malm- und Muschelkalkhängen) völlig anders als mesophile Waldstandorte.

Die üppige Kahlschlagflurenphase ist hier durch Dostsäume (ORIGANETALIA) ersetzt. Relativ rasch können sich pionier-, z.T. auch ruderalartenreiche Initialmagerrasen etablieren. *Teucrium chamaedrys*, *Teucrium botrys*, *Potentilla alba* (Alpenvorland), *Potentilla tabernaemontani*, *Inula conyza* und andere Karbonatpioniere bestimmen oft den Aspekt.

Auf staunassen Störstellen, Verebnungen und Mulden auf wasserundurchlässigem Substrat entwickeln sich in Freileitungsschneisen häufig Pflützenbesiedlungen und Zwergbinsen-(NANOCYPERION-)Fluren mit Krötenbinse (*Juncus bufonius*), Zwiebelbinse (*Juncus bulbosus*), Kriechjohanniskraut (*Hyparrhenia humifusum*), Wasserstern-Arten (z.B. *Callitriche cophocarpa*), Rohrkolben (*Typha latifolia*), Igelkolben (*Sparganium erectum*), Ruhrkraut (*Gnaphalium uliginosum*) u.a. Sogar RL-Arten wie Borstenbinse (*Isolepis setacea*) und Portulak (*Portulaca oleracea*) können auf Leitungsrodungen gebietsweise (z.B. auf den staunassen Lehm Böden des Isen-Sept-Hügellandes) regelmäßig vorkommen. Auch für seltene Arten der Lehm- und Sandäcker (z.B. Mäuseschwänzchen *Myosurus minimus*, Buntes Vergißmeinnicht *Myosotis discolor*, Kleinling *Cerastium minus*, Hornmoos *Anthoceros*-Arten) bieten staufeuchte Lehmschneisen vorübergehend Ersatzstandorte (z.B. Gumpengraben/A).

Im weiteren Sukzessionsverlauf breiten sich Flatterbinsen-(*Juncus effusus*-)Bestände, stellenweise aber auch Großseggenherden (z.B. *Carex vesicaria*) aus. Früher oder später beenden Roterlen- und Weidenanflüge die Lichtphase. Auf sickerfeuchten bis quelligen Schneisenabschnitten enden Katzenminzenfluren, Springkraut- (*Impatiens noli-tangere*-) Bestände oder Winkelseggen-Pioniersiedlungen in eschen- und erlenreichen Feucht- und Bruchwäldern, soweit die Sicherheitsabstände zu den Leiteseilen diese Entwicklung zulassen.

Trotz aller kleinräumlicher Verschiedenheit, die der Standort der jeweiligen Trasse mit sich bringt, läßt sich dennoch bei Trassen, die keiner Zweitnutzung unterliegen, die Sukzession grob in **vier Phasen** untergliedern, wobei sie allerdings im allgemeinen in den einzelnen Gebieten äußerst unterschiedlich verläuft: Sie beginnt mit den **Schlag- und Staudenfluren** und gelangt schließlich über die **Vorwaldphase** zu **niederwaldähnlichen Formen**, mit denen die natürliche Sukzession dann meist schlagartig endet, weil spätestens mit einer Baumhöhe von 10 bis 15 m die zulässige Wachstumsgrenze erreicht ist. Über die Geschwindigkeit und Zeitdauer der Progression und die endgültige Artenzusammensetzung entscheidet die Konkurrenzkraft der einzelnen Art, die mit dem Entwicklungsstadium ansteigt, d.h. von den annuellen über die biennen und perennen Gras- und Kräuterarten bis zu den Gehölzarten stetig zunimmt (DIEFENBACH 1990).

Stabile Pflanzengesellschaften fand DIEFENBACH (1990) in seinem Untersuchungsgebiet nur auf besonders trockenen und warmen Stellen in den

Trassen. Dies bestätigt die Aussage von ELLENBERG (1978), wonach die nachfolgende Sukzession auf den Waldlichtungen sich, in Abhängigkeit von den Boden- und Klimabedingungen, am langsamsten bei nährstoffarmen und trockenen Standorten vollzieht. Die erstaunlich rasche Entwicklung der Waldlichtungsfluren zeigt, daß im Boden lichter Wälder bereits ein gewisser Samenvorrat lagert und auf günstige Bedingungen "wartet".

Schlag- und Staudenfluren

Kurze Zeit nach einem Rodungseingriff entwickelt sich auf den Trassenflächen eine üppige Schlagflur, die sich aus Waldkräutern und -gräsern, aus Waldlichtungskräutern und aus dem Pflanzenspektrum angrenzender oder naheliegender Lebensraumtypen zusammensetzt (DIEFENBACH 1990; ELLENBERG 1978; IVL 1988). Diese Feststellung widerlegt die Behauptung von PREISS (1986), wonach durch den Trennungseffekt der Trassen in erster Linie für die Waldpflanzenarten eine Einschränkung in ihrer Verbreitung erfolgt, besonders bei der Verbreitung durch Tiere.

Bei den auf den Schneisen auftretenden Pflanzen handelt es sich insbesondere um lichtbedürftige, vielfach auch um wärmeliebende Arten, die durch die veränderten mikroklimatischen Verhältnisse für die Ansiedlung besonders geeignet und damit konkurrenzfähig sind. Neben Kräutern und Gräsern entwickelt sich auch der Baumjungwuchs in zunächst nur spärlichem Ausmaße, der auf den besonnten Flächen eine optimale Gelegenheit zum Auskeimen vorfindet.

Der günstige Zustand der Schlagflur hält allerdings nicht lange vor. Die anfangs so rasch bereitgestellten Nährstoffvorräte sind nach zwei bis drei Jahren aufgebraucht. Mehrjährige krautige Pflanzen, die teilweise schon im ersten Jahr keimten, verdrängen nach und nach die kurzlebigen Arten. Die Schlagflur geht allmählich über in die höherwüchsige Staudenflur, in der hochwachsende Gräser und Stauden das Artenspektrum dominieren. Stockausschlagfähige Gehölze erreichen eine Wuchshöhe von bis zu zwei Metern, ebenso können sich heimische Beerensträucher enorm entwickeln.

Vorwälder

Mit zunehmender Dichte der Gebüsche bilden sich Vorwaldgesellschaften heraus. Diese präsentieren sich anfangs noch eng verzahnt mit den Staudenfluren oder Fragmenten anderer Vegetationsformen. Im Unterwuchs finden sich zunächst meist noch Reste der Staudenfluren, bis der Gehölzanteil sich insgesamt durchsetzt und die Kräuter und Gräser durch zunehmende Beschattung allmählich verdrängt. Wegen der starken Dynamik der Bestände wächst hier ein buntes Gemisch von Pflanzen aus unterschiedlichen pflanzensoziologischen Gruppen heran (ELLENBERG 1978; IVL 1988).

1.4.3.1.2 Gesamtarteninventar

DIEFENBACH (1990) vergleicht die in regelmäßigen Abständen durchgeführten Rückschnitteingriffe mit der Wirkung eines natürlichen Feuers, indem er

feststellt, daß in einem jungen Wald die Artenvielfalt wenige Jahre nach einem Brand am größten ist. Ebenso würden sich die Pflegemaßnahmen auf den Trassen als dauerhafte "Verjüngungs- und Bereicherungsphase" interpretieren lassen und ihrerseits die hohe Artendiversität fördern.

Alle trassenspezifischen floristischen Bestandsaufnahmen ergaben zum Teil erheblich **höhere Artenzahlen** und einen **höheren Anteil an Rote-Liste-Arten** im Vergleich zu den angrenzenden Gebieten (IVL 1988; v.BRACKEL 1989; DIEFENBACH 1990).

Das **Gesamtartenspektrum** auf den Schneisen kann dabei sämtliche im Wald vorkommende Pflanzen einschließlich der Bäume als Jungwuchs umfassen. Die Überzahl von Kraut- und Holzpflanzen auf den Trassen im Vergleich zum Wald dokumentieren Abb. 1/10, S. 29 und Abb. 1/11, S. 29 anhand zweier Beispiele aus den Naturräumen Schwäbische Alb und Nördliche Frankenalb.

Die Gründe für die größere Mannigfaltigkeit und Dichte der Pflanzen auf Schneisenflächen sind zum einen in den veränderten mikroklimatischen Bedingungen zu suchen, zum anderen allerdings auch den Randeffekten zuzuschreiben, die sich im Überlappungsbereich von Wald und Offenland ("Ökoton") einstellen.

Wird das Vorkommen des Gesamtartenbestandes aufgliedert nach den Standorten

- ausschließlich im Wald
- in Wald und Schneise
- ausschließlich auf der Schneise,

so ergibt sich das in Abb. 1/12, S.30 dargestellte Bild:

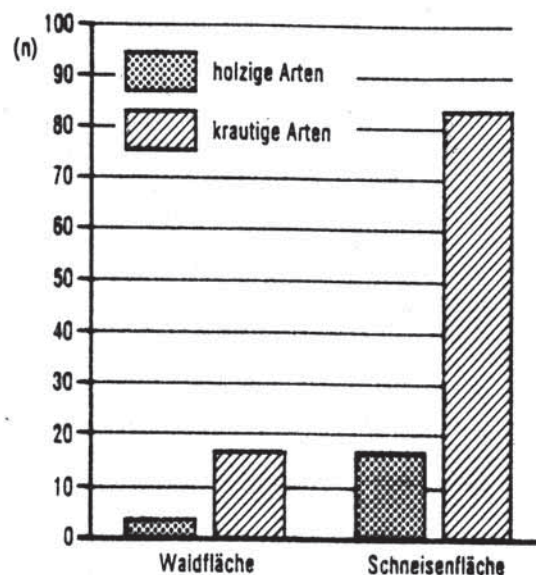


Abbildung 1/10

Vergleich der Artenzahlen krautiger und holziger Pflanzen zwischen Wald und Schneise im Bereich der Schwäbischen Alb (DIEFENBACH 1990)

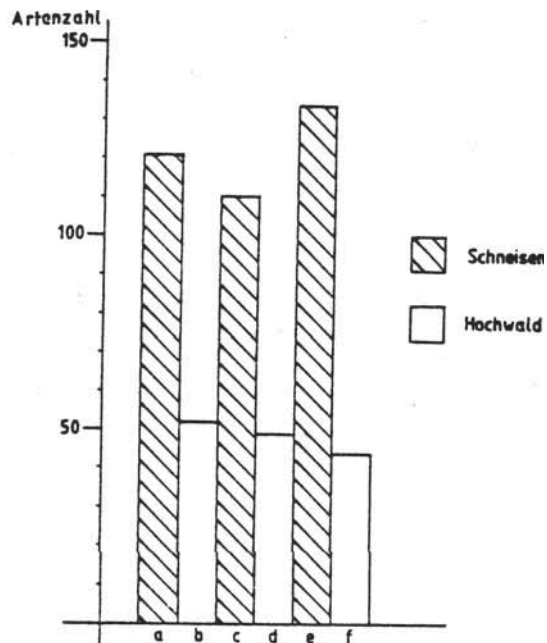


Abbildung 1/11
Vergleich der Gesamtartenzahlen zwischen Wald und Schneise auf verschiedenen Teilflächen im Bereich der Nördlichen Frankenalb

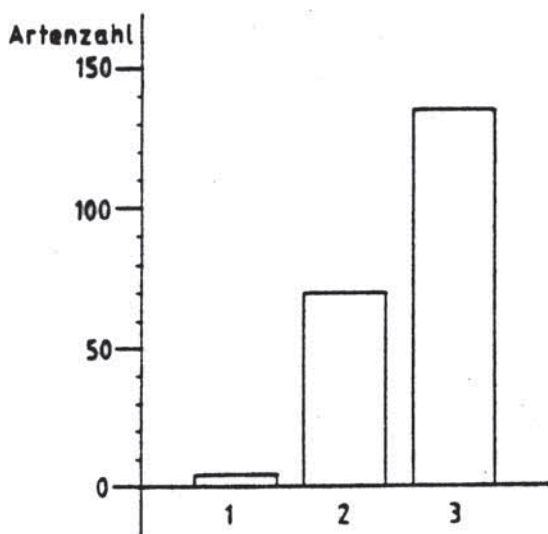


Abbildung 1/12
Verteilung des Gesamtartenspektrums am Beispiel Nördliche Frankenalb (v.BRACKEL 1989): 1: nur im Wald, 2: in Wald und Schneise, 3: nur auf Schneisen gefundene Arten.

1.4.3.1.3 Seltene Pflanzenarten

In einer Reihe von untersuchten Trassenabschnitten fällt besonders der hohe Anteil an **seltene Arten** auf, die in den benachbarten Waldgebieten meist fehlen (Abb. 1/13, S. 30). Das Arteninventar setzt sich in vielen Fällen aus Orchideen zusammen, die selbst auf den Trassen in Fichtenmonokulturforsten gefunden wurden (GEPP 1980). Sie umfassen aber auch andere sonnenliebende Arten, die in ihrer Ver-

breitung von einem "Offen-Feld-Typ"-Habitat begünstigt werden (STALTER 1974).

Die wenigsten geschützten Arten fand DIEFENBACH (1990) auf jenen Trassenflächen, deren Vegetationsbestand erst kurze Zeit zuvor einen Rückschnitt erforderlich machte, wobei das geschnittene Pflanzenmaterial als Mulch auf dem Boden verblieb. Er wies im Bereich der Schwäbischen Alb folgende Arten der Roten Liste nach, die alljährlich zur Blüte kamen:

- *Dianthus superbis* (Prachtnelke)
- *Iris Sibirica* (Blaue Schwertlilie)
- *Digitalis lutea* (Gelber Fingerhut)
- *Orchis pallens* (Bleiches Knabenkraut)

Im Falle der genannten Arten wird deutlich, wie wichtig die Unterlassung jeglicher Düngung innerhalb der Schneisenflächen ist, da diese seltenen Arten durch die Düngung in Wirtschaftswiesen zum Aussterben verurteilt sind (MONTAG 1980, zit. in DIEFENBACH 1990).

V.BRACKEL (1989) stellte für sein Untersuchungsgebiet im Umkreis der Nördlichen Frankenalb eine eigene Liste auf, die jene Arten umfaßt, die für den betroffenen Naturraum als selten oder als im Bestand rückläufig einzustufen sind:

- *Adoxa moschatellina* (Moschuskraut)
- *Cephalanthera damasonium* (Großes Waldvögelein)
- *Cotoneaster integerrimus* (Felsenmispel)
- *Cystopteris fragilis* (Zerbrechlicher Blasenfarn)
- *Fragaria Moschata* (Zimterdbeere)
- *Lathraea squamaria* (Schuppenwurz)
- *Listera ovata* (Großes Zweiblatt)
- *Pyrus pyraster* (Wildbirne)
- *Rubus saxatilis* (Steinbeere)
- *Sorbus torminalis* (Elsbeere)
- *Teucrium botrys* (Schuttgamander)

Zu den wertvollsten Gesellschaften im Untersuchungsgebiet der Nördlichen Frankenalb zählte v. BRACKEL (1989) im Hinblick auf Artenreichtum und Anzahl seltener Arten die in den Niederwäldern eingesprengten Steinschuttfluren, Felsgesellschaften und Komplexe aus Vorwald und Saum. Diese Pflanzengesellschaften demonstrieren, daß lichte, d.h. grasreiche Niederwälder aufgrund der hohen Diversität innerhalb des Gesellschaftskomplexes in

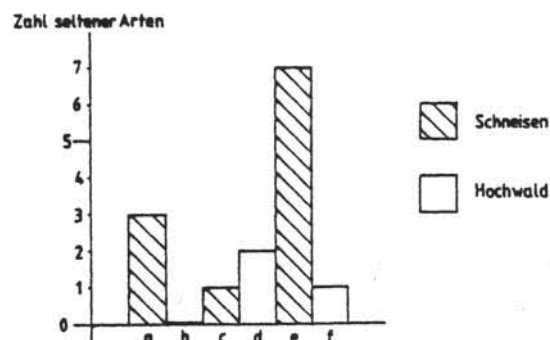


Abbildung 1/13
Zahl der seltenen Pflanzenarten im Vergleich von Schneise und Hochwald (v.BRACKEL 1989)

ihrem Wert deutlich höher einzustufen sind als sehr dichte Bestände.

Eine besonders herausragende Stellung im gleichen Untersuchungsgebiet nimmt die Fläche unter den Stromleitungen am Malm-Steilhang ein, wo gleichzeitig die höchste Artenzahl, die höchste Zahl seltener Arten, die höchste Zahl der Kartiereinheiten und die höchsten ökologischen Wertzahlen nach SEIBERT festgestellt wurden (v.BRACKEL 1989).

Jede der auf Trassen gefundenen seltenen Arten stellt spezielle Biotopansprüche. Durch ein entsprechendes Biotopmanagement können diese Lebensbedingungen dauerhaft gesichert und erhalten werden.

1.4.3.2 Maststandorte

ANT et al. (1989) untersuchten an verschiedenen Mastfußstandorten im Raum Paderborn den Pflanzenbesatz innerhalb der von den Fundamenten eingenommenen Flächen, deren Größen zwischen 20 m² und 40 m² betragen. Die Dominanz lag eindeutig bei den Gräsern, besonders hervorzuheben sind allerdings SEDO-SCLERANTHETEA-Arten wie Früher Schmielenhafer, Bergsandrapunzel und Sandhornkraut sowie zahlreiche Ackerwildkräuter mit SECALINETEA- und CHENOPODIETEA-Arten. Insgesamt fiel ein hoher Anteil an Rote-Liste-Arten auf, darunter *Aira praecox*, *Jasione montana*, *Buglossoides arvensis* und *Centaurea cyanus*.

ANT et al. (1989) vermuten im Falle einer natürlichen und weitgehend ungehinderten Vegetationsentwicklung mit dauerhaft ausbleibendem Pestizid- und Düngereintrag innerhalb der Mastfüße einen günstigen Standort für die dauerhafte Ansiedlung von seltenen und gefährdeten Pflanzenarten. Daran anknüpfend ist auch die Ausbildung von Refugien für die Tierwelt zu erwarten.

1.4.3.3 Erdleitungstrassen

Die Vegetationsausprägung auf diesen Schneisen gestaltet sich völlig anders als bei Freileitungen, da aus Gründen der Sicherheit und wegen der Forderung nach jederzeit uneingeschränkter Begehrbarkeit keine tiefwurzelnde oder dichte, höherwüchsige Vegetation gestattet wird.

Da die EVU im wesentlichen aber darauf bedacht sind, die Kabel- und Rohrleitungen in bereits vorhandene Wege einzubinden, ist die zahlen- und flächenmäßige Ausdehnung von Trassen erdverlegter Leitungen, die durch unbewirtschaftete Landschaft führen, insgesamt sehr gering (JAGODZENSKI 1992, mündl.; MÖLLER 1992, mündl.). Wurde dennoch die Durchschneidung eines Waldbestandes durchgeführt, so enthalten die Trassen in der Hauptsache nur einen niedrigen Bewuchs an annuellen Gräser- und Kräuterarten, allenfalls an niedrigen Stauden oder Büschen.

1.5 Tierwelt

Ähnlich wie bei der Vegetation, so lassen sich auch in diesem Kapitel kaum typische Tierarten bestimmen, die in ihrem Vorkommen speziell oder ausschließlich an Leitungstrassen als Lebensraum gebunden sind. Andererseits ist die Nutzung der Schneisen durch die Fauna besonders im Waldökosystem vielfältig. Forschungen über Trassennutzung in der Tierwelt stecken noch in den Anfängen, so daß über viele Tiergruppen keine oder nur sehr dürftige Ergebnisse vorliegen, wie z.B. über Amphibien und Reptilien. Am relativ besten erforscht sind momentan Laufkäfer, Tagfalter, Vögel und Kleinsäuger, wobei es sich bei den Publikationen in den meisten Fällen um Studien aus dem nordamerikanischen Raum handelt, die für Bayern nur tendenziell übertragbar sein können.

Das ABSP konnte für diesen LPK-Band nicht herangezogen werden, da Leitungstrassen nicht als eigenständiger Biotoptyp behandelt werden.

In der offenen Flur ergeben sich für die Fauna im allgemeinen zwei Bereiche, die sich nutzen lassen. Dazu zählen unbewirtschaftete **Mastfußstandorte**, die einer Besiedlung durch Tiere zur Verfügung stehen (Kap.1.5.1), und **Mastköpfe** (Kap.1.5.2, S. 32), die allerdings gleichzeitig eine gewisse Gefährdung für Großvögel darstellen. Viel wichtiger für die Tierwelt gestalten sich allerdings **Leitungstrassen im Waldökosystem**, da sie vielfältige Funktionen übernehmen können (Kap.1.5.3, S. 32).

1.5.1 Mastfußstandorte

Im Bereich der Mastsockel bilden sich bei Freileitungen hoher Spannungsebenen bis zu 100 m² große quadratische Ruhezone aus, die sich bei richtiger Pflege zu Kleinstbiotopen entwickeln und für die Existenz der Biozöosen besonders in der ansonsten ausgeräumten Agrarlandschaft einen nicht unerheblichen Beitrag leisten.

ANT et al. (1989) stellten zwischen den Mastfüßen mehrerer Leitungen bei Paderborn einen hohen Besatz an Wirbellosen fest, die sich bevorzugt auf kleinflächigeren Maststandorten mit bis zu 40 m² Fläche aufhielten. Es handelte sich dabei in erster Linie um zahlreiche Käferarten aus mehreren Familien (CARABIDAE, CATOPIDAE, ELATERIDAE, SILPHIDAE, STAPHYLINIDAE), aber auch um etliche Heuschrecken-, Landschnecken-, Schmetterlings-, Bienen-, Hummel-, Fliegen- und Spinnenarten. Darunter waren auch viele seltene Arten der Roten Liste vertreten, so z. B. alle Heuschreckenarten. Natürlich waren die Arten in ihrem Vorkommen stark an die pedologischen Standortverhältnisse gebunden. Diese erstaunliche Artenvielfalt beruht nach ANT et al. (1989) im wesentlichen auf der fehlenden Düngung und der offensichtlich stark eingeschränkten Anwendung von Bioziden.

Die Maststandorte stellen damit ein optimales Refugium für zahlreiche gefährdete und vom Aussterben bedrohte Tierarten dar und könnten gleichzeitig nicht nur die erfolgreiche Entwicklung der epigäischen (oberirdisch lebenden) Fauna, sondern auch

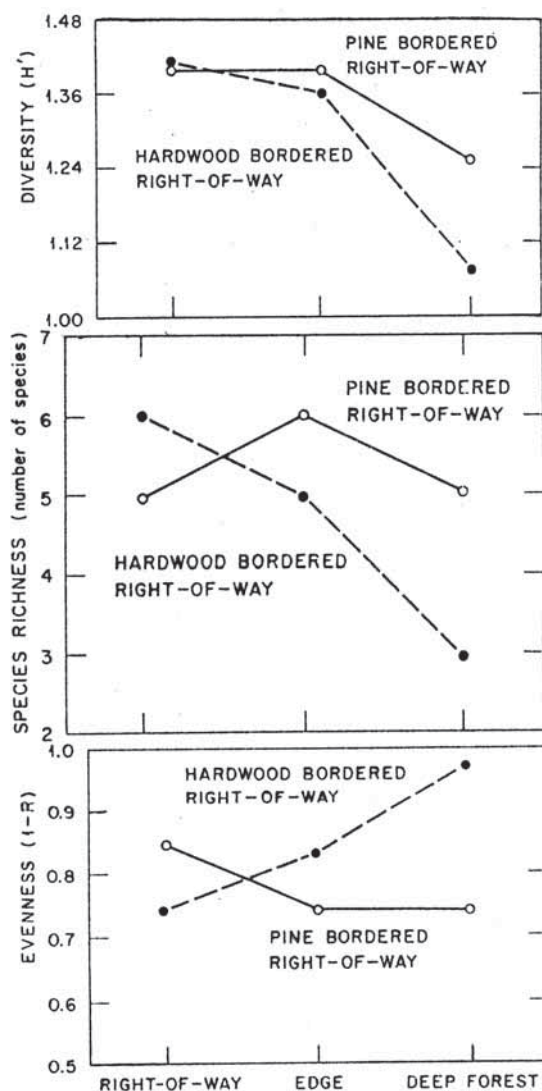


Abbildung 1/14

Diversität, Artenreichtum und Evenness, dargestellt am Beispiel der Kleinsäuger für die Habitattypen Trasse - Rand - Hochwald (JOHNSON et al. 1979)

die Besiedlung durch Vögel und Fledermäuse sowie durch andere Tiergruppen fördern.

Daß auch größere Säugetiere von diesen unberührten Kleinstbiotopen profitieren, berichtete THORSELL (1976), der die Maststandorte in der Funktion als Setzplätze von Rehkitzen im nordamerikanischen Marschland kennenlernte. Die größte Bedeutung erreichen die Mastfußbiotope nach RINGLER (1986) jedoch erst, wenn sie von Gebüsch, Hochstauden- und Grasfluren umgeben sind und über Feldraine oder Heckenstrukturen im Verbund mit ähnlichen Landschaftselementen stehen. Damit bieten sie vielen Wirbellosen, Kleinsäugetern und bestimmten Vogelarten (z.B. Rebhuhn) einen geeigneten Lebensraum mit entsprechenden Ausbreitungsmöglichkeiten in der ansonsten ausgeräumten Kulturlandschaft an.

1.5.2 Mastköpfe

In Naturschutzkreisen und unter Ornithologen ist die Rolle der Mastköpfe für die Vogelwelt umstritten: Neben den Gefahren, die von den Leiterseilen auf etliche Großvogelarten ausgehen, ersetzen die hohen Mastkonstruktionen die auf den landwirtschaftlichen Nutzflächen fehlenden Flurbäume und bieten somit zahlreichen Arten günstige Rastplätze oder Greifvögeln einen attraktiven Ansitz zum Ausspähen nach Beute. Zusätzlich verwenden viele Großvögel die Mastköpfe gerne als Nistgelegenheit (BEZZEL 1982; LEE et al. 1982; THORSELL 1976). Dazu zählen in besonderem Maße die seltenen Weißstörche (*Ciconia ciconia*) und verschiedene Greifvogelarten (HAAS 1980a; RINGLER 1986).

Ein gutes Beispiel bietet der Mäusebussard (*Buteo buteo*), dessen Jagderfolg auf Mäuse spürbar niedriger ausfällt, wenn eine Freileitung abgebaut wird, so daß die Landwirte im Anschluß an die Mastenbeseitigung auf den betroffenen Feldern eine explosionsartige Mäusevermehrung beklagen. Die große Bedeutung von Gittermasten als Horstplätze wird am Beispiel des Fischadlers (*Pandion haliaetus*) deutlich, der in Ostdeutschland mit etwa 140 Brutpaaren vertreten ist, von denen etwa 100 Paare auf Masten von Stromleitungen horsten (KLAFS & STÜBS 1987; MOLL 1962). Aus den USA sind Fälle bekannt, in denen im Anschluß an die Fertigstellung von Freileitungen die Populationen einiger Greifvogelarten aufgrund der günstigen Nistmöglichkeiten auf den Mastköpfen schlagartig anstiegen (STAHL-LECKER 1978). Dieses bei vielen Vogelarten zu beobachtende Verhalten, Masten als Sitz- und Nistplätze zu benutzen, wird gefördert durch den weitgehenden Verlust an natürlichen Nistgelegenheiten in der ausgeräumten Kulturlandschaft.

1.5.3 Leitungstrassen im Wald

Walddurchschneidende Leitungstrassen übernehmen häufig die Funktion spezieller Habitats, die sich erheblich von der einheitlich baumbestandenen Umgebung abheben, deshalb vielfältige Einflüsse auf die im Waldökosystem lebenden Tierarten ausüben und unterschiedliche Reaktionen auslösen.

Durch erhöhte Sonneneinstrahlung und Temperatur werden vormals klimatisch benachteiligte Arten begünstigt, was zu einer verstärkten Ansiedlung licht- und wärmeliebender Spezies auf der Trasse führt. Bei den Immigranten handelt es sich oftmals um seltenere Spezies, deren Wiederansiedlung durch gezieltes Management der Trassen erfolgreich gefördert werden könnte. Der Artenbestand kann sich nach einem Trassenaufrieb unter Umständen erheblich in seiner Zusammensetzung verändern. Bei ständig ausgeräumten Schneisen kommt es zu einer Einwanderung von typischen Offenlandbewohnern, bei bepflanzten Trassen zu einer Anhäufung von gebüschliebenden Arten. Eine wichtige Ernährungsgrundlage für viele Tiere liefern die üppige Kräuterflur und die von ihr angelockte Insektenvielfalt.

1.5.3.1 Säugetiere

Auf naturbelassenen Freileitungstrassen ergibt sich eine beträchtliche Vielfalt an Habitatkomponenten, wobei vor allem die Komplexität des Vegetationsaufbaus äußerst wichtig für die Erhaltung der Artendiversität zu sein scheint. So verzeichnete RESLER (1972) im Anschluß an einen Rodungseingriff im Wald bei mehreren Wildtierarten Populationszunahmen von bis zu 63 % im Vergleich zum ursprünglichen Bestand des reifen Waldstadiums. Auch für Kleinsäuger gelten durchaus steigende Tendenzen hinsichtlich Abundanz und Diversität (GASHWILER 1970).

Die wichtigste Rolle für den Aufenthalt von Säugetieren in einer Trasse spielt die Gestaltung der Schneise. Dichte Bodenstrukturen fördern nachweislich die Ansiedlung von Säugetieren, wie die Ergebnisse aus amerikanischen Studien über unterschiedliche Kleinsäugerarten demonstrieren (CAVANAGH et al. 1976; SCHREIBER et al. 1976; JOHNSON et al. 1979; GATES 1991). Exemplarisch soll an dieser Stelle die Untersuchung von JOHNSON et al. (1979) herausgegriffen werden: Sie ermittelten in einem Laub- und einem Nadelwald der warm-gemäßigten Zone Nordamerikas (Tennessee) die Habitatpräferenz einiger Kleinsäuger, wobei folgende drei Biotoptypen zur Auswahl standen: Hochwald, Trassenrand, Trasse. Bei der Trasse handelte es sich um eine 90 m breite und bepflanzte Schneise, die untersuchten Kleinsäuger setzten sich zusammen aus drei Mäusearten sowie jeweils einer Wühlmaus-, einer Ratten-, einer Eichhörnchen- und einer Spitzmausart.

Die Fallenfänge ergaben sowohl die höchste Diversität als auch den größten Artenreichtum bei beiden Waldtypen jeweils im Trasseninneren und/oder am Randsaum, die Evenness (= Gleichmäßigkeit in der Verteilung der Individuen auf die einzelnen Arten) lag in diesen Bereichen nur in der von Nadelwald begrenzten Trasse höher, während sie im Laubwald wesentlich höhere Werte im Waldesinneren als auf der Trasse aufwies (Abb. 1/14, S. 32).

Die Untersuchungen von KILLER (1992) in den Alzauen/AÖ bestätigen die grundlegenden Ergebnisse im Falle der Waldspitzmaus (*Sorex araneus*), die in großer Individuendichte im Unterwuchs der Trassen auftritt. Selbst ein Individuum der nicht sehr häufigen Haselmaus (*Muscardinus avellanarius*) konnte im Trassenjungwuchs beobachtet werden. Das Vorkommen der beiden genannten Arten in dem buschreichen Aufwuchs der Trassen ist ein schönes Beispiel für die erfolgreiche Förderung spezieller Arten in derartigen Strukturen.

Die sowohl bei den Kleinsäugetieren als auch beim Wild oft zu beobachtende höhere Aktivität in den Schneisen gründet sich auf die verbesserten Lebensbedingungen in Form eines attraktiveren Nahrungs- und Deckungsangebots und auf die vielfältigen Randeffekte, die die Zoozönose positiv beeinflussen (RESLER 1972; LOFT & MENKE 1984). Im Winter erlangen die Trassenflächen einen hohen Stellenwert als Äsungsplätze, die die Nahrungsversorgung des Wildes für längere Zeit sichern können (BRAMBLE & BYRNES 1972, 1974, 1979; CHASKO &

GATES 1982). Auch bei uns zeigen Schneefährten die Bedeutung der Schneisen als Ausbreitungsbahn, Wildwechsel und Futterplatz (GEPP 1980; KILLER 1992). Ein zusätzlicher Vorteil der dichten Strauchschicht ist der weitgehende Schutz der Laubbaumsproßlinge vor Wildverbiß (SCHULTZ 1973).

Zusammenfassend sind die Auswirkungen von Trassen auf größere Säugetiere im allgemeinen als vorteilhaft zu bewerten. Einschränkungen hinsichtlich der Einflüsse auf Kleinsäuger (Barriereeffekt durch zu breite Trassen siehe Kap. 2.4.2, S. 60) müssen jedoch berücksichtigt und im Einzelfall geprüft werden. Das Potential der Trassen für den Biotopverbund ist hoch und wird in Kap. 2.4.1, S. 59 näher ausgeführt.

1.5.3.2 Vögel

Vögel scheinen den widersprüchlichen Angaben in der Literatur zufolge keine einheitlichen Reaktionen auf die Existenz von Schneisen zu zeigen.

Ganz allgemein betonen MICHAEL et al. (1976) die weitgehend vorteilhaften Wirkungen von Leitungstrassen auf Vogelpopulationen. Anscheinend spielt jedoch auch die Breite der Schneisen eine wichtige Rolle bei Dispersion und Diversität der Arten, wie ANDERSON et al. (1977) und FORMAN (1983) anhand verschieden breiter und bepflanzter Korridore feststellten: Während in schmalen Trassen (12 m) die Waldarten überwogen und bei sehr weiten Schneisen (60 bis 90 m) der Einfluß von Offenlandbewohnern dominierte, boten die Korridore mittlerer Ausdehnung (30 m) dem Arteninventar beider Habitattypen einen geeigneten Aufenthaltsort.

Im Vergleich dazu verzeichnete KROODSMA (1976) einen weitaus geringeren Anteil des Artenreichtums von Vögeln auf der Trasse als im angrenzenden Waldbestand. An Standorten mit geringer Deckung an Jungbaumwuchs waren die Vögel häufiger in den Randbereichen zu finden. Dies bestätigen auch die Untersuchungen von KILLER (1992) über drei unterschiedlich ausgeprägte Schneisen in den Alzauen/AÖ: Trasse 1 ist ausgeräumt, Trasse 2 setzt sich bei weitgehend fehlendem Unterwuchs hauptsächlich aus dünnen, morschen Stämmen und Ästen zusammen, Trasse 3 besteht aus dichten Gebüsch und Sträuchern, deren Belaubung bis in

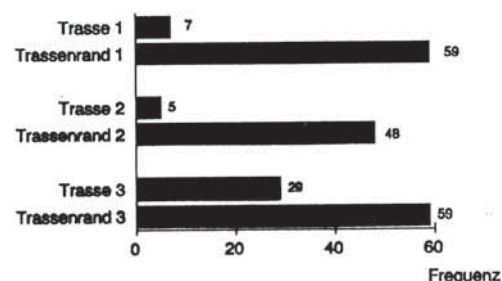


Abbildung 1/15

Frequenz der Vögel in den Trassen der Alzauen (KILLER 1992)

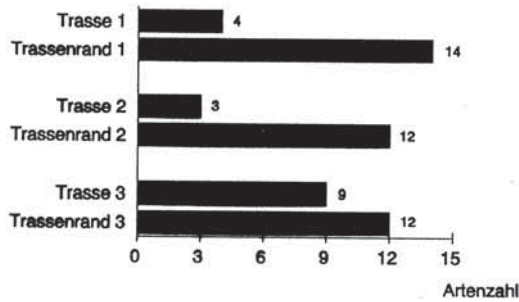


Abbildung 1/16
Artenzahlen der Vögel in den Trassen der Alzauen
(KILLER 1992)

unmittelbare Bodennähe herabreicht (Abb. 1/15, S. 33 und Abb. 1/16, S. 34). Die in den beiden Graphiken dargestellten Werte wurden auf der Basis von Punkttaxierungen an mehreren ausgewählten Standorten entlang der einzelnen Trassen ermittelt und auf eine Beobachtungszeit von 10 Stunden normiert. (Frequenz bedeutet hier: Sichtbeobachtung pro Zeiteinheit.)

In Trasse 3 wurde im Vergleich zu den beiden anderen Schneisen sowohl die höchste Individuendichte als auch die größte Artenzahl festgestellt, die niedrigsten Werte ergab stets Trasse 2. Die auffallend hohen Werte in den Trassenrandbereichen, die selbst die Aktivitätsdichte in der buschreichen Schneise übertrafen, scheinen auf Randeffekte zurückzuführen zu sein: Ähnlich wie bei den Grenzbäumen von Wegen, Wiesen oder Lichtungen überblicken die Tiere am Schneisenrand eine offene oder bei Bepflanzung zumindest eine - im Vergleich zu den übrigen Waldbäumen - deutlich abgesenkte Fläche. Diese Geländesituation bietet attraktive Singwarten sowie günstige Aussichtsplätze und erklärt aus diesen Gründen die ergiebigen Bestandsaufnahmen.

Anscheinend bestimmt die Ausgestaltung einer Freileitungstrasse das Ausmaß der Nutzung durch Vögel. So belegten zwar die Forschungen von ITTIG & NIEVERGELT (1977) über Brachflächen, daß sich im allgemeinen in Biotopen mit ausgeglichenen Anteilen an Wald- und Strauchphasen für die Gruppe der Vögel höhere Siedlungsdichten und Diversitäten nachweisen lassen als in Mischbiotopen mit Wald, Strauchphase und Kulturland. Jedoch erscheint diese Feststellung nicht uneingeschränkt auf das Verhalten von Vögeln im Bereich von Energiestrassen übertragbar zu sein: MAYER (1976) beobachtete beispielsweise, daß sich die Vögel in seinem Untersuchungsgebiet nie direkt unter den Leitungen aufhielten, sondern ihre Aktivitäten auf den unmittelbar an die Trasse angrenzenden Waldbereich beschränkten, obwohl in der gleichen Schneise Säugetiere sehr wohl aktiv waren.

JOHNSON et al. (1979) erklären die abweichenden Verhaltensweisen damit, daß Vögel und Säugetiere in unterschiedlicher Weise auf die Anlage von Freileitungstrassen reagieren: Für Vögel bedeutet der Ersatz von naturnahem Laubwald durch niedrigwüchsige Strauchvegetation das Verschwinden einiger Straten in den Laubkronen unterschiedlich hoher Bäume. Die Ausprägung vielfältiger "Etagen" ist

jedoch unmittelbar mit dem Artenreichtum verbunden. So ergibt sich mit dem Verlust der Baumschicht ein weitgehender Verlust wertvoller ökologischer Nischen, die jetzt nicht mehr belegt werden können. Nachdem jedoch die Vogelpopulationen in Laubwäldern ihre Habitate überwiegend auf der Basis der Vegetationsstruktur auswählen, ist als Folge ein allgemeiner Artenschwund festzustellen (MOSS 1978). Dagegen steigert die gleiche niedrigwüchsige Vegetation das Angebot an Deckungs- und Unterschlupfgelegenheiten, so daß bei Säugetieren im allgemeinen eine Artenzunahme registriert wird.

Im Gegensatz zu den bepflanzten Korridoren bieten gehölzfreie, grasbestandene Schneisen all jenen Arten einen Anreiz zum Aufenthalt, die unmittelbar auf dem Boden nach Nahrung suchen, dort brüten oder vegetationslichte Plätze für die Balz benötigen, wie es beispielsweise bei **Ziegenmelker** (*Caprimulgus europaeus*) und **Waldschnepfe** (*Scolopax rusticola*) der Fall ist (RINGLER 1986).

Der **Ziegenmelker** zeigt regional eine deutliche Bindung an Sand-Ökosysteme, bleibt als Brutvogel jedoch auf die nordbayerischen Wärmegebiete beschränkt. Sehr lichte, stark aufgelockerte Kiefernwälder mit eingestreuten Offensandflächen können als optimaler Lebensraum dieser Art gelten. Dichtere Kiefernforste mit einem weitgehend geschlossenen Kronendach werden nur besiedelt, wenn ausreichende Teilflächen und Lichtungen vorhanden sind. In geschlossenen Sand-Kiefernforsten ist die Brutdichte direkt proportional zur Größe und Zahl der vorhandenen Lichtungen. Zur notwendigen Struktur-Ausstattung der Lichtungen gehören blanke Sandböden (also ohne Rohhumus- oder Trockenmoderauflagen) als Nisthabitate und freistehende Einzelbäume als Singwarten für die Balz.

Zunehmende Aufforstungen von Lichtungen und Aufgabe der Kahlschlagnutzung in bestehenden Kiefernforsten führten in der Vergangenheit verstärkt zu Bestandseinbrüchen oder sogar zum Erlöschen von Ziegenmelker-Brutvorkommen, wenn die übriggebliebenen offenen Stellen die Mindestarealanforderungen unterschritten. Um so bedeutungsvoller erweisen sich gehölzfrei gehaltene Leitungstrassen in eintönigen Wirtschaftswäldern, indem zusätzlich vegetationslichte Standorte bereitgestellt werden, die nicht nur den Habitatansprüchen des Ziegenmelkers entsprechen, sondern auch in optimaler Weise Verbindungsstrukturen über eine größere Entfernung hinweg schaffen.

Vergleichbare Verhältnisse finden sich auch bei der **Waldschnepfe**, die nicht zu dichte, ausgedehnte Laub- und Mischwälder mit ausreichendem Lichtungsangebot als Lebensraum bevorzugt. Auch hier dienen Trassen als notwendige Auflockerung von Wäldern und bilden einen wesentlichen Bestandteil der Habitatansprüche.

Somit ließen sich mit offenen schneisenartigen Strukturen in einem dichten Waldbestand gerade diese gefährdeten Vogelarten durch Bereitstellung eines optimalen Lebensraumes fördern.

Allgemein leitet sich aus den unterschiedlichen Beobachtungen ab, daß bepflanzte Schneisen unter bestimmten Umständen von einigen Arten genutzt

werden, daß sie jedoch bei nicht optimaler Gestaltung nur wenig zur Förderung der Vogelwelt beitragen (vgl. auch ANDERSON et al 1977; CAVANAGH et al 1976; FORMAN 1983; GATES 1991 u.a.). Den größten Wert erlangen die Trassenflächen sicherlich bei dichter Bestockung mit unterwuchsreichen Büschen und Sträuchern, die über ein ausreichendes Laubangebot optimale Brutbedingungen für die Vögel schaffen. Damit wird deutlich, daß die Zusammensetzung der Pflanzenarten und der Vegetationsstruktur die Diversität und Siedlungsdichte von Vögeln in den Korridoren wesentlich stärker steuern als der Vegetationsaufbau der Randbereiche oder die Breite der Trasse. Sicherlich mögen auch diese Faktoren entscheidend an der Artenauswahl teilhaben, jedoch nicht im gleichen Ausmaß wie die Ausprägung des Korridorinnenraumes.

1.5.3.3 Reptilien und Amphibien

Über diese Tiergruppen liegen bislang keine speziellen Untersuchungen in Energietrassen vor. Einzige Ausnahmen bilden die Erkundungen von MAYER (1976) und GATES (1991) aus Nordamerika: MAYER (1976) beobachtete Schildkröten bei der Eiablage in einer ausgeräumten Schneise, GATES (1991) registrierte vielfältige Wanderungsbewegungen von Salamandern, Eidechsen und Schlangen entlang der Randsäume offener Trassen und von Fröschen und Kröten in bepflanzten Korridoren. Amphibien sind in den buschreichen Strukturen vor Feinden und vor dem Austrocknen gut geschützt, so daß sie auch bei gleichbleibenden Standortfaktoren über längere Distanzen in den Trassen wandern können.

Die Untersuchungen von VÖLKL (1991) über die Besiedlungsprozesse in Waldlichtungen, zu denen gewissermaßen auch gehölzfreie Schneisen zählen, ergaben, daß die Bergeidechse (*Lacerta vivipara*) waldfreie Flächen sehr rasch besiedelt, während die Kreuzotter (*Vipera berus*) als relativ ortstreue Art nur ein geringes Kolonisationsvermögen aufweist, das sie dazu veranlaßt, einen neuen Lebensraum erst nach langer Zeit zu besetzen, auch wenn sich dieser in nur geringer Entfernung zum alten Habitat befindet. Bei dieser speziellen Verhaltensweise wird klar, daß dauerhaft offengehaltene Trassenflächen eine hohe Bedeutung als Lebensraum für Kreuzottern erlangen können, die mit fortschreitender Sukzession und Bebuschung für diese Art verlorengehen.

So läßt sich der Wert von gehölzfreien Abschnitten auf Energietrassen (hier ist besonders auch an die Schneisen erdverlegter Leitungen zu denken!) zur Förderung vieler Reptilienarten nicht hoch genug einschätzen, besonders wenn die Trassen Flugsandgebiete (Nürnberger Reichswald) oder andere trockene und warme Standorte durchschneiden. Im Nürnberger Reichswald ist die relativ konstante Erhaltung der letzten großen Kreuzotterbestände vorwiegend den z.T. sehr ausgedehnten Strom- und Gastrassen zu verdanken

1.5.3.4 Tagfalter (RHOPALOCERA)

Die pflanzliche Vielfalt und ein gutes qualitatives und quantitatives Blütenangebot sind von entscheidender Bedeutung für den Schmetterlingsreichtum eines Gebietes. Die höchsten Arten- und Individuenzahlen lassen sich stets auf "intakten", d.h. extensiv und regelmäßig bewirtschafteten Streuwiesen und Magerrasen sowie auf deren frühen Brachestadien registrieren. Besonders auffällig ist dies im Falle der gefährdeten Arten zu beobachten, die auf nicht bewirtschafteten Wiesen wesentlich stärker vertreten sind als auf bewirtschafteten (ULRICH 1982). Bei einsetzender Nutzungsintensivierung oder bei längerfristiger Verbrachung mit allmählichem Gebüschaufwuchs erweisen sich sowohl die Artenzahl also auch die Abundanz als rückläufig (REICHHOLF 1973; OPPERMAN et al. 1987). Auf fast allen unbewirtschaftet belassenen Freileitungstrassen läßt sich, trotz vergleichsweise kleiner Flächen, im allgemeinen ein hohen Bestand an Tagfaltern feststellen, der über die Jahre hinweg konstant bleibt. Auch die Artendiversität erreicht durchweg hohe Werte (DIEFENBACH 1990; KILLER 1992). Die Gründe für diese positive Beeinflussung des Arteninventars sind die auf den Trassen charakteristische hohe Diversität an unterschiedlichen Pflanzenarten und der während der ganzen Vegetationsperiode in mehreren "Wellen" auftretende Blütenreichtum, da die langfristige Verfügbarkeit von Nektar von bestandserhaltender Notwendigkeit für die Imagines ist.

Von einigen Tagfalterarten vermutet man, daß sie in ihren Ansprüchen dem Biotop ihrer Futterpflanzen folgen, so z.B. *Gonepteryx rhamni*. Das Verhalten anderer Spezies, wie z.B. *Apatura iris*, beweist allerdings deutlich, daß die Existenz von Raupenfutterpflanzen allein noch nicht die Ansiedlung entsprechender Tagfalterarten in diesem Biotop garantieren. Es müssen also noch andere Faktoren das Auftreten bzw. Fehlen von Schmetterlingen beeinflussen. Denkbar wären die Stickstoffverhältnisse

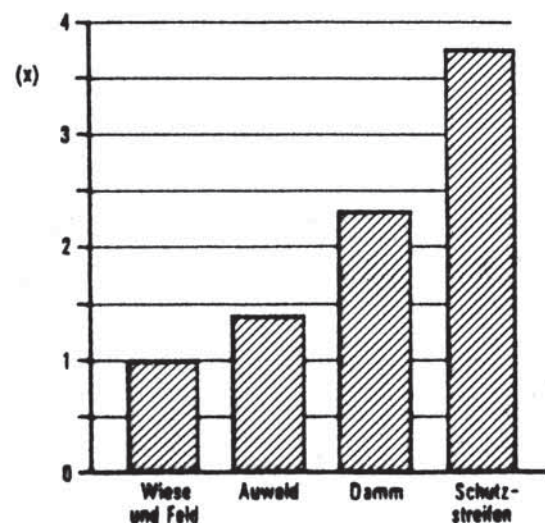


Abbildung 1/17
Steigerung der Artenzahl von Tagfaltern um das x-fache (nach DIEFENBACH, zit. in STOY 1987)

des Bodens, da fast alle Pflanzen, auf die Tagfalter in ihrer Entwicklung angewiesen sind, nur oder fast nur auf stickstoffarmen Böden gedeihen und nach einer Düngung deutlich zurückgehen (DIEFENBACH 1990).

Da Tagfalter vorwiegend Bewohner der offenen Landschaft sind, bleiben sie in Waldstücken weitgehend beschränkt auf Wege, Lichtungen und Kahlschläge. Alle unbewirtschafteten und gehölzfreien Flächen sind daher von größtem Wert für ihre Bestandserhaltung und -bereicherung, wobei die Ausprägung spezieller abiotischer Standorteigenschaften in den Trassen durch die idealen autökologischen Verhältnisse erst die Voraussetzungen zur dauerhaften Besiedlung schafft (Abb. 1/17, S. 35). Sehr große Erfolge bei der Förderung spezieller Arten lassen sich bei Einrichtung von magerrasenartigen Abschnitten auf den Trassen erwarten, da diese Biotope als wichtigster Lebensraum der Tiergruppe gelten (REICHHOLF 1986b).

Die Bedeutung der Leitungstrassen als Ausbreitungsbahn für die Tagfalter ist erwiesenermaßen als sehr hoch einzuschätzen (DIEFENBACH 1990; KILLER 1992). Entsprechend der Neigung vieler Arten, nicht sehr hoch zu fliegen, eignen sich gehölzfreie Wege und Schneisen im Wald hervorragend als Leitlinien für den Flug, mit Hilfe derer sich auch entferntere Biotope leicht erreichen lassen. Mit zunehmender Höhe der Holzpflanzen und abnehmendem Blütenspektrum bleiben die Besuche von Tagfaltern auf den Schneisen aus, wie die Untersuchungen in den Trassen der Alzauen (Beschreibung der Trassenphysiognomie siehe Kap. 1.5.3.2, S. 33) eindeutig demonstrieren (Abb. 1/18, S. 36 und Abb. 1/19, S. 36). Anders als bei den Vögeln finden sich bei dieser Tiergruppe die höchsten Werte in der ausgeräumten Trasse 1 und auf dem ebenfalls von Gehölzvegetation befreiten Vorplatz der Trasse 2, während auf der gebüschreichen Trasse 3 kaum Tagfalterbesuche verzeichnet werden konnten. Die Auswertung der Daten entspricht der in Kap. 1.5.3.2 (S. 33) dargestellten Methode. Auch hier ist die Frequenz als Maß für die Sichtbeobachtung pro Zeiteinheit zu verstehen.

Zusätzlichen Wert gewinnt die Anlage von Schneisen bei Berücksichtigung der Eigenschaften einiger Waldarten, scharfkantig abgesetzte lineare Ränder höherer Baumbestände von mindestens 100 m Länge zu bewohnen (SCHALL 1988). Diese Geländesituation tritt entlang von Wegen, aber auch im Verlauf von Energietrassen (insbesondere von Schneisen über erdverlegten Leitungen) auf, die damit zusätzlich die Ansiedlung spezieller Arten fördern können.

Auf kürzlich gerodeten Flächen finden sich zwar vereinzelt Schmetterlinge ein, jedoch aufgrund der allgemeinen Blütenarmut nicht in nennenswertem Ausmaß (KILLER 1992). An diesem Verhalten ist allerdings die Tendenz von Tagfaltern, gehölzfreie Lichtungen im Wald unverzüglich aufzusuchen, gut erkennbar, wenn auch diese Flächen im ersten Sommer nach der Entwaldung nur wenig attraktive Pflanzen für Schmetterlinge hervorbringen.

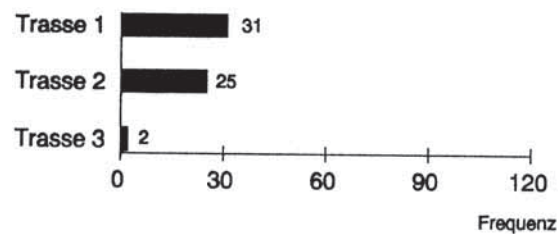


Abbildung 1/18
Anzahl der Tagfalterindividuen in den Trassen der Alzauen (KILLER 1992)

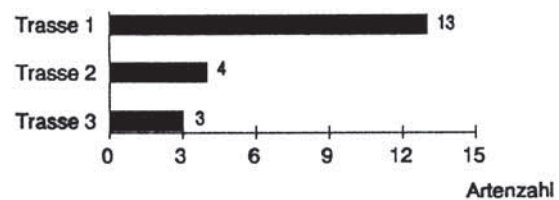


Abbildung 1/19
Artenzahlen der Tagfalter in den Trassen der Alzauen (KILLER 1992)

Auf Leitungstrassen kann sich ein hoher Anteil an bedrohten bzw. im Rückgang begriffenen Tagfalterarten aufhalten, so daß sich mit dem Schutz der entsprechenden Biotoptypen und durch die Einhaltung von geeigneten Pflegemaßnahmen auch ein erheblicher Beitrag zum Schutz der Tagfalter erreichen ließe. Gerade unbewirtschaftete Landschaftsstrukturen als wichtige Lebensräume für Schmetterlinge werden in unserer intensiv genutzten Kulturlandschaft immer kleiner und seltener.

1.5.3.5 Laufkäfer (CARABIDAE)

Die Bestandsaufnahmen von GEPP (1980) zur Dichte von bodenbewohnenden Carabiden im Bereich von Freileitungstrassen ergaben eine signifikante Zunahme der Artenzahl vom reifen Fichtenforst zu den Schneisenrändern und den -innenflächen. Die Vegetation auf der Trasse wurde dabei von niederen Laubgebüsch und Unterwuchspflanzen dominiert (GEPP 1980) (Tab.1/5).

Tabelle 1/5
Arten- und Individuenzahlen von Laufkäfern im Vergleich von Fichtenforst, Trassenrand und Trasse (GEPP 1980)

Standort	Individuenzahl	Artenzahl
Fichtenforst	42	5
Trassenrand	421	19
Trasse	287	14

Die Besiedlung der einzelnen Biotoptypen durch die Laufkäfer erfolgte unterschiedlich. Junge und lichte Fichtenkulturen erwiesen sich als relativ artenarm. Ebenso zeigten auch dichte geschlossene Niederwaldbereiche und frisch gemulchte Zonen in den Trassen nur einen geringen Artenzulauf. Als besiedlungsfreundlicher erwiesen sich dagegen die Bereiche des Waldrandes, während sich die mit Abstand meisten Arten an Laufkäfern in gras- und krautreichen Biotopen der Schneisenflächen aufhielten, die von einzelnen Gebüschern durchbrochen wurden. Eine besondere Gemeinsamkeit aller schneisenliebenden Laufkäferarten sind ihre eurytopen Lebensraumsprüche. Zu dieser Kategorie zählen jene Arten, die offene Strukturen bevorzugen, also Arten der Felder, Kahlschläge und Waldlichtungen.

DIEFENBACH (1990) bestätigte diese Feststellung mit Resultaten aus Studien über die Häufigkeitsverteilungen verschiedener Laufkäferarten. Zwar wies er nach, daß die Aktivitätsdichte der CARABIDAE im Wald höher ist als in der Schneise, für Artenzahl und Artendiversität lagen dagegen in den Trassenflächen höhere Werte vor als in den angrenzenden Waldgebieten. Er fand außerdem heraus, daß Leitungstrassen gemäß ihrer kleinräumigen Ausprägungen sowohl typischen Offenland- als auch typischen Waldbewohnern geeignete Habitate bereitstellen (Abb. 1/20, S. 37).

Auf einer gut 50 m breiten, bepflanzten Trasse wurde von drei nachgewiesenen Laufkäferarten eine Spezies (*Carabus arcensis*) ausschließlich auf der

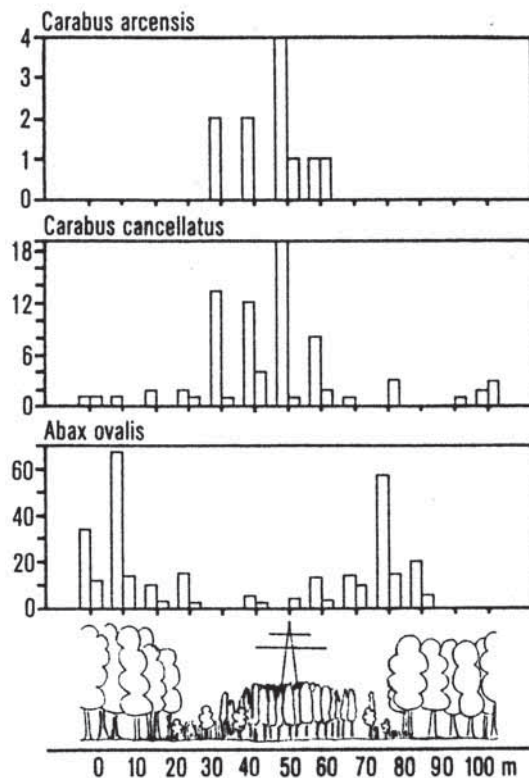


Abbildung 1/20
Aktivitätsdichten verschiedener Laufkäferarten in diversen Biotoptypen (nach DIEFENBACH, zit. in STOY 1987)

Schneise gefunden. Die zweite Art (*Carabus cancellatus*) kam hauptsächlich im Aufwuchs der Trassenvegetation vor, während die dritte Spezies (*Abax ovalis*) als typischer Waldbewohner vorwiegend im Hochwald auftrat, allerdings auch Wanderungsbewegungen über die Schneise hinweg durchführte.

Aus den Erkenntnissen von DIEFENBACH (1990) und GEPP (1980) ergibt sich, daß im Falle der Laufkäfer eine Trasse von charakteristischen Arten rasch besiedelt wird und daß sie selbst für ausgesprochene Waldarten kein unüberwindbares Hindernis darstellt. Somit liegt ein Barriereeffekt für diese Tiergruppe im allgemeinen nicht vor (siehe Kap. 2.4.2, S. 60).

1.5.3.6 Libellen (ODONATA)

Libellen sind als gute und ausdauernde Flieger bekannt, die auch größere Distanzen mühelos überwinden. In den Alzauen bei Garching a.d. Alz/AÖ wurden mehrere Arten von Groß- und Kleinlibellen dabei beobachtet, wie sie bevorzugt die gehölzfreien Schneisen als Ausbreitungsbahn und Leitlinien nutzen, um an die von zahlreichen Insekten besuchten Blüten im Schneiseninnenraum zu gelangen (KILLER 1992). Erwiesenermaßen läßt sich bei der Anlage von kleinen Feuchtbiotopen auf Leitungstrassen eine optimale Vernetzung mit anderen Gewässerstandorten und eine verstärkte Wanderung zwischen den einzelnen Biotopen erzielen.

Beispiel (nach KOGNITZKY 1992, schriftl.):

Im Landkreis ERH durchläuft den Sebalder Reichswald eine kleinere Stromtrasse. Neben den trockenen Heidestandorten sind vor allem die vom Forstamt angelegten anmoorigen Gewässer bedeutsam. Die regelmäßig von höheren Gehölzen befreiten sauren Tümpel bieten vielen Libellenarten optimale Lebensbedingungen. Besonders hervorzuheben sind einige Moorlibellen, die auf der Roten Liste von Bayern unterschiedlichen Gefährdungsgraden zugeordnet werden: *Leucorrhinia dubia* (RL 3), *Aeshna juncea* (RL 3), *Coenagrion hastulatum* (RL 3), *Lestes virens* (RL 2), *Leucorrhinia pectoralis* (RL 1), *Sympetrum danae*.

1.5.3.7 Hautflügler (HYMENOPTERA)

(1) Ameisen (FORMICIDAE)

Die Existenz von Leitungstrassen scheint sich positiv auf die Verbreitung von Ameisen auszuwirken. GEPP (1980) beobachtete an den Randsäumen der Schneisen bis zu fünf Hügelbauten der Roten Waldameise (*Formica rufa*) pro 100 m Trassenverlauf. Andere Ameisenarten, z.B. *Lasius fuliginosus*, *Lasius niger*, *Formica truncorum*, *Formica polyctena*, benötigen für die Anlage ihrer Nester modern-
de alte Baumstubben oder liegendes Totholz auf waldfreien Standorten (VÖLKL 1991). Wenn derartige Strukturen auf den Trassen oder entlang ihrer Ränder belassen werden, so bestehen gute Chancen für die rasche Ansiedlung dieser Ameisenarten.

(2) Sand- und Pelzbienen

Das regelmäßige Kurzhalten der Vegetation auf Leitungstrassen, die Wälder auf sandigen Substraten durchschneiden, verhindert das völlige Überwachsen der sandigen Böden, so daß sich zahlreiche offene Stellen ausbilden können, die dauerhaft erhalten bleiben. Diese Stellen sind bedeutsame Nisthabitate für wärmeliebende HYMENOPTEREN, die ihre Nester bevorzugt in (durch Begehen oder Befahren) nicht verfestigten Sandböden anlegen. Dazu zählen die Sandbienen (*Andrena spec.*), die Pelzbienen (*Anthophora spec.*) und die Grabwespen (*Sphecidae*).

Berichten von BLÖSCH und KOGNITZKI (beide 1992, schriftl.) zufolge bieten die im Erlanger Raum (Lkr. ERH) vorhandenen Trassen durch Sandkiefernwälder einen wichtigen Lebensraum für zahlreiche Sandbienen-Arten dar (*Andrena bicolor*, *A. praecox*, *A. clarkella*, u.a.), wobei die speziellen kleinklimatischen Verhältnisse der Schneisen (Windschutz durch hohe Kiefern am Trassenrand) sowie das optimale Nahrungsangebot (üppig gedeihende Blütenpflanzen) entscheidend die Wahl der Nistorte und die Ansiedlung der HYMENOPTEREN steuern.

Einen wichtigen Beitrag für den Nisterfolg leistet allerdings auch die Ausdehnung der Trasse, da viele Arten (besonders der Pelzbienen) darauf angewiesen sind, ihre Nistplätze gelegentlich zu wechseln, um den dort nach einiger Zeit überhandnehmenden artspezifischen Schmarotzerbienen zu entkommen. Wenn die zum Nisten geeigneten Biotope zu stark schrumpfen, so daß sie den Wirtsbienen ein Ausweichen nicht mehr ermöglichen, kann es zur lokalen oder sogar völligen Ausrottung durch die Brut-schmarotzer kommen (so geschehen bei *Anthophora bimaculata* und *A. borealis* im Erlanger Raum).

Daraus leitet sich ab, daß Leitungstrassen gerade in Gebieten mit sandigen Böden ganz wesentlich zur Arterhaltung und -sicherung spezialisierter Tiere herangezogen werden können. Voraussetzung ist allerdings, daß die Offenhaltung von sandigen Strukturen kontinuierlich gewährleistet sein muß, um eine dauerhafte Nutzung zu ermöglichen. (Weitere Ausführungen zur ökologischen Bedeutung von Sandstandorten für die Fauna sind dem LPK-Band II.4 "Sandrasen" zu entnehmen.)

1.5.3.8 Sonstige Insektengruppen

Waldaufflichtungen erweisen sich für all jene Tiergruppen als besonders bedeutsam, die in bestimmten Entwicklungsstadien obligatorisch an eine gewisse Blütenvielfalt gebunden sind, wie es z.B. bei zahlreichen Insektenarten (Schmetterlinge, Käfer, Zweiflügler usw.) der Fall ist. So sind Schneisen in strukturalarmen Wäldern mit einheitlichem Baumbestand oftmals die einzigen Lichtungsflecken, die diese Funktion erfüllen können.

(1) Heuschrecken (SALTATORIA)

Wie VÖLKL (1991) auf Waldlichtungen nachwies, neigen Heuschrecken dazu, neue Schläge rasch zu besiedeln, besonders wenn es sich um Standorte mit stark besonnten, offenen Stellen handelt. Aufgrund der hohen Tendenz zu Wanderungen können Leitungstrassen und Waldwege durch die Verknüpfung von Einzelbiotopen dazu dienen, die Ausbreitung der Populationen zu unterstützen und gefährdete Arten in ihrem Bestand zu stabilisieren. Dies gelingt um so erfolgreicher, wenn für die standortheimischen Heuschreckenarten die entsprechend bevorzugte Vegetationsstruktur auf den Trassen vorhanden ist, da diese die Ansiedlung oder das Fernbleiben der Heuschrecken entscheidend steuert (OPPERMANN et al. 1987).

(2) Netzflügler (PLANIPENNIA)

GEPP (1980) stellte an den Fichten von Schneisenrändern einen beträchtlichen Artenanstieg von Netzflüglern im Vergleich zu den Beständen des Hochwaldes fest. Die Ursache für die Zunahme der Artendiversität liegt darin, daß ein Teil der Netzflüglerarten im Imago-Stadium an Pflanzensäfte für die Reifung der Eier gebunden ist (Tab. 1/6, S. 38).

(3) Raupenfliegen (TACHINIDAE)

Ähnliches wie für die PLANIPENNIA gilt auch für die Gruppe der Tachiniden. Nach GEPP (1980) finden sich an Leitungstrassen mit hochwüchsigen Umbelliferen die höchsten Dichten an adulten Raupenfliegen, da sie an diesen Standorten den für die Entwicklung der Gonaden benötigten Nektar aufnehmen. Die Bedeutung der Tachiniden liegt in ihrer erfolgreichen Bekämpfung von Schadinsekten, da sie die Raupen anderer Insekten anstechen, um ihre Larven hineinzusetzen.

Tabelle 1/6

Artenzahl und Fichtenbindung der PLANIPENNIA im Vergleich von Fichtenforst, Trassenrand und Leitungstrasse (GEPP 1980)

Standort	Artenzahl gesamt	Fichten- bewohner	Fichten- spezialisten
a) Fichtenhochwald	8	8	5
b) Fichten am Trassenrand	16	11	8
c) Strauchveg. der Trasse	22	12	6
b) + c)	24	15	8

1.6 Räumliche Verteilung

Freileitungen durchziehen praktisch jeden Landschaftstyp und sind nicht beschränkt auf einzelne Naturräume. Dennoch lassen sich, gerade bei Leitungen der Hoch- und Höchstspannungsebene (110-380 kV), gewisse "Knotenpunkte" ausmachen, die im Umkreis von großen Städten und Ballungszentren (z.B. Nürnberger Reichswald), aber auch in der Nähe von Umspann- und Transformatorstationen regelmäßig auftreten. Spannungsstarke Leitungen zum Zwecke des überregionalen Stromtransportes befinden sich aber auch konzentriert in Nähe der Kern- und Kohlekraftwerke, während ausgehend von den zahlreichen Wasserkraftwerken der voralpinen Flüsse hauptsächlich Leitungen der 110 kV-Ebene das Umland mit Strom versorgen.

In Landschaftsbereichen mit intensivem Energiebedarf bestehen naturgemäß mehr Hoch- und Höchstspannungsleitungen als beispielsweise in den industrieschwachen Gebieten der Mittelgebirge. Leitungen der mittleren und niederen Spannungsebene dienen der örtlichen Versorgung und unterliegen kaum einer Verteilungsbegrenzung, d.h. sie verlaufen auch häufig durch Wälder, wobei sie allerdings im Gelände nicht sonderlich auffallen, da sie nur sehr schmale Trassen mit durchschnittlich 5-10 m Breite beanspruchen. Bei den Leitungen der höheren Spannungsebenen (110 bis 380 kV) erfolgt die Routenwahl wesentlich selektiver, obwohl auch hier zahlreiche Walddurchschneidungen unumgänglich sind.

Stromkabel bleiben im wesentlichen auf Siedlungs- und Verdichtungsräume beschränkt und führen nur in Ausnahmefällen über weitere Strecken durch walddigen oder ungenutztes Gelände.

Gasleitungen durchziehen zwar weiträumig und zahlreich die Landschaft, da sie jedoch vorwiegend an bereits bestehende Straßenkörper gebunden sind, fallen sie nicht weiter "geländebelastend" ins Gewicht. Ausnahmen stellen die Ferntransportleitungen dar, die in ihrem relativ geradlinigen Verlauf auch größere Waldbestände durchschneiden, wo sie, infolge ihrer erheblichen Rohrdurchmesser, entsprechend breite Schutzstreifen benötigen (siehe Kap. 1.1.3.2, S. 14).

Ähnliches gilt für **Erdölpipelines**, bei denen ebenfalls kleinere Leitungen parallel zu Straßen verlaufen und nur die Hauptäste der großen Ferntransportpipelines CEL und TAL die Landschaft ohne größere Umwege bis zu den Raffineriezentren durchqueren (siehe Kap. 1.1.3.3, S. 15).

1.7 Bedeutung für Naturschutz und Landschaftspflege

Die besser als Biotopkomplex denn als Biotoptyp beschriebenen Leitungstrassen weisen weniger Merkmale von in sich geschlossenen Ökosystemen auf als andere Lebensraumtypen. Dies macht eine Zuordnung zu bestimmten Lebensgemeinschaften (biozönotische Klassifikation) schwierig und wenig sinnvoll. Seine Bedeutung leitet sich daher stärker

von artbezogenen und landschaftsökologischen als von biozönosebezogenen Kriterien ab.

1.7.1 Arterhaltung

Leitungstrassen erlangen als auflockernde Strukturelemente gerade bei der Durchschneidung von forstlichen Monokulturen einen bedeutenden Ersatzcharakter als Lebensraum für Bewohner von Übergangsbiotopen, Waldfluren und der Strauchschicht, deren ursprüngliches Habitat stark verändert (z.B. intensiviert) oder zerstört wurde. Sie stellen damit sowohl in tier- als auch in pflanzenökologischer Hinsicht für bedrohte, nur noch auf wenige Restinseln zurückgedrängte Arten bedeutende Refugialräume dar, die ein bestandserhaltendes Überdauern einzelner Populationen langfristig ermöglichen. Die Wertigkeit dieser Ersatzbiotope kann zwar sehr unterschiedlich ausfallen, da Höhenlage, Exposition, Trassenbreite, edaphische und mikroklimatische Faktoren über den an den jeweiligen Standorten vorkommenden Pflanzenbewuchs auch den Tierartenbestand beeinflussen. Dennoch lassen sich folgende Kriterien, die sich auf die Biozönose förderlich auswirken, im weiteren Sinne auf alle unbewirtschafteten Leitungstrassen übertragen:

- die Durchführung von gleichförmigen Pflegemaßnahmen, die eine hohe Beständigkeit des Biotoptyps über viele Jahrzehnte hinweg garantieren, ermöglichen eine Ausbildung dauerhafter Lebensräume für zahlreiche Tier- und Pflanzenarten;
- die Bereitstellung von Mangelnischen der übrigen Kultur- und Naturlandschaft sind eine wichtige Bereicherung für jedes Habitat (z.B. Morsch- und Totholz, lichte Bestandesstrukturen);
- die Nutzung von Trassen als Leitlinien für die Ausbreitung erleichtern die Besiedlung von vormals unerreichbaren Biotopen und damit auch den Individuen- und Genaustausch mit isolierten Populationen.

1.7.1.1 Flora

Aufgrund ihrer unterschiedlichen Standorte und Standortbedingungen beherbergen Leitungstrassen eine reichhaltige Flora. Eine der wichtigsten Besonderheiten ist die Schutzwirkung des Waldes, der einen Eintrag von Nähr- und Schadstoffen (Dünger, Pestizide, Abgase, Stickoxide etc.) von außen verhindert, so daß in den Schneisen akut gefährdete, an Nährstoffarmut angepaßte Gesellschaften geeignete Rückzugsräume für ein dauerhaftes Auskommen finden (v. BRACKEL 1989). Mit der Förderung von niederwaldähnlichen Strukturen auf den Trassen, die ihrerseits wiederum lichtliebenderen Waldarten (u.a. etliche Orchideenarten) einen optimalen Lebensraum bieten, und mit der Pflege von Magerbiotopen kann ein großer Schritt in diese Richtung gegangen werden.

Durch das zeitliche Nebeneinander verschiedenartiger Pflegemaßnahmen und das räumliche Nebeneinander von Pflanzengesellschaften entsteht eine Fülle

von Grenzflächen (Ökotonen) in Leitungstrassen mit z.T. kleinflächigen Übergangsbereichen zwischen Pflanzengesellschaften und -formationen. Die Ökotope sind Wuchsorte für viele gefährdete Pflanzenarten (s. Kap. 1.4.2, S. 25 und 1.4.3.1.3, S. 30). Unterstrichen wird deren Bedeutung durch die Tatsache, daß die Beseitigung von Ökotonen für den Rückgang von 36 % der gefährdeten Arten in der Bundesrepublik mitverantwortlich ist (SUKOPP et al. 1978).

1.7.1.2 Fauna

Die gehobene Vielfalt der pflanzlichen Komponente des Lebensraumtyps Leitungstrasse bewirkt eine ebenso deutliche Hebung der tierischen Artendiversität. Die Bedeutung für den Artenschutz liegt hauptsächlich in der charakteristischen Ausgestaltung der Trassenflächen mit ihrer Vielfalt an Kleinbiotopen, die durch kleinräumig unterschiedliche Nutzungen und durch eine hohe Strukturvielfalt entstehen, mit dem reichhaltigen Nahrungsangebot, der relativen Ungestörtheit, dem Fehlen von Pestiziden und letztlich mit den unterschiedlichen Pflegemaßnahmen im näheren Trassenbereich. All diese Faktoren lassen Schneisenflächen als von einem breiten Artenspektrum akzeptierte Ersatzbiotope wirksam werden (s. Kap. 1.5, S. 31). Diese können die allgemeine Artenvielfalt erhöhen und sichern helfen oder als spezifische Artenschutzmaßnahme für bedrohte Tiere einen wertvollen Beitrag für den Naturschutz leisten, insbesondere dann, wenn sie an Stelle von zerstörten Lebensräumen treten.

Leitungstrassen verbinden - gemäß ihrer kleinräumigen Ausprägung - hinsichtlich der Faunenzusammensetzung Eigenschaften von Offenland- und Waldökosystemen und bieten damit sowohl einigen Offenland- als auch einigen Waldarten einen geeigneten Lebensraum. Entsprechend ihres linearen Verlaufs stellen sie ein wichtiges Potential für das Gelingen eines dauerhaften Biotopverbundsystems dar, da mit ihrer Hilfe zahlreiche einzelne auseinanderliegende Lebensraumtypen vernetzt werden können.

Grundsätzlich gelten für den Faunenbesatz in Leitungstrassen die gleichen Prinzipien wie für die Zusammensetzung der Vegetation. Damit ergibt sich, daß nicht nur wirtschaftlich ungenutzte Schneisen durch Fichtenmonokulturen einen erheblichen Beitrag zum Artenschutz leisten, sondern daß auch Leitungstrassen durch naturnahe Laub- und Mischwälder positive Auswirkungen auf die Biozönose aufweisen.

1.7.2 Lebensgemeinschaften

Obwohl viele Leitungsschneisen (noch) keine typisch ausgeprägten Pflanzengesellschaften tragen, lassen sich doch eine Reihe auch naturschutzwichtiger Ökosystemtypen und Phytozönosen anführen, die zumindest gebietsweise auf Leitungsbereiche konzentriert sind.

So befinden sich die großflächigsten Zwergstrauchheiden, Silbergras- und Offensandfluren Mittelfrankens außerhalb der Sandabbaugebiete auf Leitungs-

schneisen durch "Steckerleswälder". Auch die Großschneisen durch Flußschotterauen mit abgesenktem Grundwasser (Unterer Lech, Untere Alz, Untere Iller) sind phytozönologisch herausgehoben, weil sie oftmals die besten sekundären Brennen-Halbtrockenrasen (MESOBROMETUM, Filzseggenrasen) dieser Bereiche enthalten.

In mehreren nordbayerischen Flug- und Terrassensandgebieten scheint die Schneisenfreihaltung die Entstehung oder Erhaltung schlattartiger Anmoore oder Heidemoore (Scheidenwollgras-, Glockenheide-, Sonnentau-, Schnabelbinsenbestände) zu begünstigen, so etwa im östlichen Reichswaldbereich bei Leinburg/LAU.

Wo die floristisch hochwertigsten blößenreichen Nieder- und Schälwaldkomplexe längst durchgewachsen sind, können letzte Reste dieser eigenartigen Gehölz-Saum-Durchdringungskomplexe auf Leitungsschneisen überkommen sein (z.B. nördlich Marktbiart/NEA).

Auch initiale Borstgrasrasen (z.B. bei Teuschnitz/KC, östlich Trudering/M), interessante Aushagerungskomplexe mit Bärlapparten (z.B. Schneise bei Peiß/M) und Rotstraußgras-Magerwiesen treten regional vor allem im Leitungsbereich auf.

Diese wenigen Beispiele verdeutlichen, daß Leitungstrassenbereiche, insbesondere solche durch Forste, durchaus eine beachtliche Vielfalt naturschutzwichtiger Artenvergesellschaftungen aufweisen können.

1.8 Von Leitungen ausgehende Gefährdungen und Beeinträchtigungen

Dieses Kapitel soll in Grundzügen das allgemeine Gefährdungspotential erläutern, das Tiere und Pflanzen im Bereich von Freileitungen beeinträchtigen kann. Hierzu gehören in erster Linie die Veränderungen des Landschaftsbildes (Kap. 1.8.1), des Lebensraumes (Kap. 1.8.2, S. 41) sowie der abiotischen Faktoren (Böden: Kap. 1.8.3, S. 42, Wasser: Kap. 1.8.4, S. 43 und Luft: Kap. 1.8.8, S. 45). Des weiteren zählen hierzu die hohen Verluste in der Avifauna, die sich durch Stromschlag an den Mastköpfen und durch den Anflug gegen die Leiterseile ergeben können (Kap. 1.8.5, S. 43), sowie die Störungen, die in vielfältiger Weise Erholungsuchende auslösen, bedingt durch die leichtere Zugänglichkeit des Geländes (Kap. 1.8.6, S. 44). Der Vollständigkeit halber werden außerdem die Einflüsse der schwer nachweisbaren und in ihren Ausmaßen erfaßbaren elektrischen Felder (Kap. 1.8.7, S. 45) dargestellt, die immer wieder mit der Ausprägung spezieller tierischer Verhaltensweisen unterhalb von Freileitungen in Verbindung gebracht werden.

1.8.1 Visuelle Beeinträchtigungen

Vielfach wird in Zusammenhang mit dem Bau von Freileitungen in erster Linie die Verunstaltung der Landschaft durch die Verdrahtung genannt und als erhebliche Beeinträchtigung der Landschaftsästhetik betrachtet. Nachdem das menschliche Empfinden für technische Bauten sehr unterschiedlich und

auch sehr subjektiv ausgerichtet ist, läßt sich kaum eine einheitliche Bewertungsmethode hinsichtlich des Grades der visuellen Beeinträchtigung festlegen. Die folgenden Ausführungen beschränken sich daher auf die Schilderung der grundlegenden Auswirkungen der Bauweise von ober- und unterirdisch angelegten Energietransportleitungen.

1.8.1.1 Freileitungen

Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes hängt im wesentlichen von der Größe und Bauform der Leitungsmasten, der Stärke und Anzahl der Leiterseile sowie der Art des betroffenen Landschaftsraumes ab. Da "Landschaftsbild" ein auf den Menschen bezogener Begriff ist, sind weiterhin Faktoren von Bedeutung, die in der Person des Betrachters liegen.

Die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes nimmt mit der Höhe der Masten zu, wobei insbesondere die Leitungen der Höchstspannungsebene (220/380 kV) "sichtbeherrschende" Objekte in der Landschaft darstellen. Mit der optischen Beeinträchtigung verbunden ist gleichzeitig eine Minderung der Erholungseignung des betroffenen Landschaftsausschnittes (FLECKENSTEIN & RHIEM 1991).

Wird bei der Planung einer Freileitungstrasse ein Eingriff in Waldbereiche erforderlich, so erfolgt eine Entscheidung zwischen zwei Alternativlösungen:

- **Waldüberspannung**

Hier werden die Masten so hoch gebaut, daß der überspannte Waldbestand unter Einhaltung der erforderlichen Schutzabstände zu den Leiterseilen seine Endwuchshöhe ohne Rückschnittmaßnahmen erreichen kann. Dies ermöglicht eine volle forstwirtschaftliche Nutzung des Waldes ohne jegliche Einschränkungen durch die EVU.

- **Walddurchschneidung**

Hier wird durch den Waldbestand hindurch eine den Sicherheitsvorschriften entsprechend breite Trasse angelegt, in der die Leitungen auf insgesamt niedrigeren Masten geführt werden. Diese Lösung macht Rückschnittmaßnahmen in regelmäßigen Abständen notwendig, um das Einwachsen von Bäumen oder Sträuchern in den Leiterseilbereich zu verhindern.

Beide Alternativen beeinflussen in unterschiedlichem Maße das Landschaftsbild. Eine **Waldüberspannung** erfordert extrem hohe Masten, die je nach Spannungsebene Höhen von 50-100 m betragen können. Normalerweise werden bei der Errichtung der Freileitung nur jene Flächen gerodet, auf denen später die Masten zu stehen kommen. Bei forstwirtschaftlicher Nutzung oder zwischenzeitlichen Kahlhieben im Leitungsbereich erweist sich die enorme Masthöhe als deutliche Belastung des Landschaftsbildes. Diese Beeinträchtigung wird um so mehr verstärkt, wenn besonders im Flachland die über den Waldbestand hinausragenden Masten vor dem Sichthintergrund des offenen Himmels erscheinen. Die Fernwirkung der gesamten Leitung ist dann besonders in diesen Fällen gewaltig, da sie sich,

selbst aus großen Entfernungen, noch deutlich gegen den Hintergrund abzeichnet.

Bei einer **Walddurchschneidung** fehlt die Fernwirkung der Masten, die in ihrer Höhe von durchschnittlich 30 m oftmals unter der Endaufwuchshöhe der Bäume bleiben. Der gesamte Trassenverlauf wird dann vollständig vom Wald verdeckt. Allerdings kann es bei unbedachter Trassierung von sehr langen und geradlinig verlaufenden Leitungen passieren, daß sich sogenannte Durchsichtschneisen ergeben, die einen freien Durchblick über viele Kilometer hinweg ermöglichen und eine gewisse optische Trennwirkung hervorrufen. Dies wird insofern noch verstärkt, wenn ein vollständiges Freihalten der Schneise mit Bewuchs nötig erscheint oder vom Grundbesitzer ausdrücklich gewünscht wird.

Es lassen sich allerdings bei geschickter, d.h. abgewinkelter Trassenführung und bei entsprechender Ausgestaltung des Schneisenbereiches mit Buschwerk - zur Verhinderung eines freien Durchblicks - günstigere Lösungen schaffen, die die Beeinträchtigung des Landschaftsbildes und vor allem auch die Fernwirkung einer Freileitung von vornherein weitgehend dämpfen.

Dennoch kommt es, gerade bei der Anlage einer Trasse, immer wieder zu heftigen Protesten in der Bevölkerung, da Spaziergänger oder Urlauber den Erholungswert eines Waldes durch die Existenz einer linearen Schneise als deutlich herabgesetzt betrachten. Oftmals handelt es sich dabei um Vorurteile gegen die Freileitungen an sich, die in den meisten Fällen als Belastung der Landschaft empfunden werden.

Zusammenfassend läßt sich festhalten, daß aus der Sicht der Landschaftsästhetik eine Waldüberspannung als wesentlich ungünstiger einzustufen ist als die Anlage einer Trasse durch einen Wald. Welche Alternativlösung letztlich zur Anwendung kommt, sollte immer im Einzelfall entschieden werden, obwohl bislang in den einzelnen Bundesländern pauschal meist nur eine Alternative favorisiert wird.

1.8.1.2 Erdverlegte Leitungen

Die Trassen unterirdisch verlegter Leitungen durchziehen einen Wald in Form eines Lichtungsbandes, das nur bei mangelhafter Gestaltung als blickoffene Schneise erkennbar bleibt (Abb. 1/21, S. 42).

Oftmals werden Ferngasleitungen in Waldstücken parallel zu Freileitungsschneisen verlegt, wie es z.B. im Forstenrieder Park südlich von München oder im Nürnberger Reichswald der Fall ist. Da diese Schneisen meist nicht sehr breit angelegt (max. 10-15 m) und mit bunten Blumen bestanden sind, entspricht es vorwiegend dem persönlichen Geschmack, die schnurgerade verlaufenden Lichtungsbander als optische Beeinträchtigung oder als Auflockerung eines ansonsten recht einheitlichen Waldbestandes zu beurteilen.

1.8.2 Lebensraumveränderungen

Einige bodenbrütende Vogelarten, wie z.B. Bekassine (*Gallinago gallinago*), Kampfläufer (*Philomachus pugnax*), Uferschnepfe (*Limosa limosa*) und

Kiebitz (*Vanellus vanellus*), meiden u.U. den näheren Trassenbereich in einem bis zu 100 m breiten Streifen beidseits der Leitungen. Der Grund dafür liegt zum einen darin, daß alle betroffenen Arten eine optisch weite Landschaft als Schutz vor Feinden benötigen. Mit den Masten als Ansetzorten für Greif- und Krähenvögel erfolgt u.U. eine Entwertung der Brutbiotope. Zum anderen weichen Vögel dem Hindernis Hochspannungsleitung aktiv aus, indem sie das weitere Umfeld der technischen Konstruktionen meiden (HAAS 1980a, 1980b, 1991; HEIJNIS 1980). Aufgrund dieses Verhaltensmusters können wertvolle Brutgebiete, wie z. B. seltene Feuchtbiopte, in breitem Umfang unwiederbringlich verlorengehen. Das Schutzziel an derartigen Standorten, z.B. die Förderung von Wiesenbrütern, ist dann fraglich (AMMER & ZEPF 1986).

1.8.3 Veränderungen des Bodenhaushalts

Sowohl beim Bau von Freileitungen als auch bei der Montage unterirdischer Versorgungsanlagen können sich vielfältige ökochemische Verfremdungen aus bautechnischen Gründen entweder im näheren Umfeld eines Leitungsmastes oder im gesamten Verlauf des Kabel- bzw. Rohrgrabens einstellen, wenn der natürliche Bodenhorizont zerstört und standortuntypisches Material eingebracht wird. Hinzu kommen weitere Schädigungen und Beeinträchtigungen in besonders empfindlichen Bereichen, wie z.B. in Mooren und Sumpfbereichen sowie ganz allgemein in Naturschutz- und Wasserschutzgebieten (JARASS et al. 1989; KIESLICH & LÖBACH 1991).

1.8.3.1 Freileitungen

Die Bodenbeschaffenheit wird dadurch beeinflusst, daß infolge der höheren Niederschlagsmengen am

Boden lokale Vernässungen entstehen, die andersartige Standorteigenschaften hervorrufen, so daß nicht in entsprechendem Maße angepaßte Flora und Fauna in Mitleidenschaft gezogen werden kann. Ebenso können, besonders auf großflächig durchgeführten Kahlschlägen, Oberbodenabschwemmungen eintreten, mit der Folge, daß die oberste Bodenschicht verloren geht und die chemische Zusammensetzung des Bodens sich anschließend in unterschiedlich starkem Ausmaß verändert. Eine insgesamt höhere Erosionsanfälligkeit und die Gefahr des dauerhaften Nährstoffverlustes tragen ein übriges dazu bei, den Standort in seiner edaphischen Beschaffenheit zu verändern und den Bestand an endogäischen (unterirdisch lebenden) und epigäischen (oberirdisch lebenden) Tieren sowie an Pflanzen zu gefährden.

Ob diese Auswirkungen ausschließlich negative ökologische Konsequenzen nach sich ziehen, muß im Einzelfall entschieden werden. Der Verlust von Oberboden und Nährstoffen kann sich als durchaus nützlich und naturschutzfachlich wertvoll erweisen, wenn z.B. Magerrasenbiotope insbesondere auf den Trassen bzw. im Verbund mit naheliegenden, vergleichbaren Standorten gefördert werden sollen.

Veränderungen im bodenchemischen Haushalt ganz anderer Art ergeben sich eventuell im Bereich von Masten mit (inzwischen nicht mehr üblichen) zinkhaltigen Schutzanstrichen. Hier ist stellenweise eine erhebliche Belastung des Bodens mit Zink meßbar. Dabei beruht die entscheidende Bedeutung des Schwermetalleintrags in ein Ökosystem weniger auf den Akkumulationen im Boden als auf dem Eintritt in die Nahrungskette (JARASS et al. 1989).

1.8.3.2 Erdverlegte Leitungen

Auch **Stromkabel**, die von Naturschutzseite so häufig als ökologisch unbedenklichere Alternative für Freileitungen gefordert werden, stellen einen nach-



Abbildung 1/21
Nicht renaturierte Gastrasse in einem Waldbestand (nach DOWNEY 1976)

haltigen Eingriff in Natur und Landschaft dar. Falls es nicht gelingt, die Kabeltrasse in das Verkehrsnetz einzubinden, können sich unter Umständen aus dem Bau der Trasse zahlreiche negative Begleiterscheinungen ergeben, die besonders Boden und Grundwasser beeinflussen (FUNK 1986). Die größten Beeinträchtigungen sind (nach JARASS et al. 1989):

- Bodenverdichtung

Allein die technischen Besonderheiten der zur Kabelverlegung und für Wartungsarbeiten notwendigen Schwertransporter verursachen Verdichtung, Verformung und Zerstörung des Bodens mit sämtlichen daraus resultierenden negativen Folgeerscheinungen für dessen Qualität, für die Aktivität von Bodentieren und für das Pflanzenwachstum.

- Emission von Wärme

Die störungsfreie Funktion der Erdkabel ist in hohem Maße von einer guten Wärmeabfuhr an die Umgebung abhängig, damit eine Schädigung der Kabelelemente infolge Hitzestau und zu hohen Temperaturen, wie sie durch die unvermeidbaren Energieverluste entstehen, ausbleibt. Bei Unterschreiten des kritischen Feuchtegehaltes trocknet der Boden aus und verliert stark an Wärmeleitfähigkeit. Um das zu vermeiden, ist eine Bestockung der Trasse mit tiefwurzelnden Pflanzen nicht zulässig. Regelmäßige Kontrollen müssen die Entwicklung der Vegetation auf der Trasse überwachen.

- Emission von Ölen und Gasen

Im Schadensfall kann es zum Austritt von Ölen und Gasen in das umgebende Erdreich kommen. Größere Unfälle werden zwar aufgrund des intensiven Überwachungssystems meist unverzüglich behoben, bei kleineren Leckagen allerdings ist ein unbemerkter Öl- oder Gasaustritt über längere Zeiträume hinweg durchaus möglich. In diesem Fall ist die Kontamination von Boden, Grundwasser, Pflanzen und Bodenorganismen nicht mehr abwendbar. Als Folge davon verändert sich die qualitative und quantitative Zusammensetzung der Bodenflora und -fauna. Es kommt zu einer starken Vermehrung von Kohlenwasserstoff-abbauenden Mikroorganismen, die im günstigsten Fall das Erdölprodukt zersetzen und den Boden entseuchen. In den meisten Fällen sind jedoch die Schäden, die im Zuge der Reparaturmaßnahmen entstehen, für die Bodenqualität um ein Vielfaches höher als die normalerweise nur geringen Öl- und Gasemissionen in das Erdreich.

Bei der Errichtung von **Gas- und Ölpipelines** erfolgt in ganz ähnlicher Weise eine starke Beeinträchtigung der Bodenqualität. Langzeitschädigungen entstehen hauptsächlich durch folgende Faktoren (nach KIESLICH & LÖBACH 1991):

- Oberbodenverlust;
- Oberbodenentwertung durch Vermischung mit standortfremden Materialien (z. B. Steinen);
- Bodenverdichtungen durch häufiges Befahren der Baustelle mit Schwertransportern;

- Bodenvernässungen infolge der Durchschneidung von Drainagesystemen (Vernässungen auch außerhalb der Trasse);
- Wassermangel in Trockenperioden im Rohrgrabenbereich durch Zerstörung der Bodenhorizonte (s. [Foto 5](#) im Anhang).

1.8.4 Veränderungen des Wasserhaushalts

Veränderungen der Wassergüte sind aufgrund der Errichtung von **Freileitungen** im allgemeinen nicht zu erwarten. Im Vergleich zu Stromkabeln erweist sich deren Bau in Wasserschutzgebieten und bei Querung von Talauen als wesentlich unkomplizierter, weshalb sie im problematischen Gelände bevorzugt eingesetzt werden.

Stromkabel werden aus betriebstechnischen Gründen bevorzugt in Sand gebettet und mit Betonplatten abgedeckt. Damit können unerwünschte Drainage- oder Stauwirkungen einsetzen, die den Bodenwasserhaushalt, den Grundwasserstrom und die Temperaturverhältnisse im Boden nachhaltig stören. In Einzelfällen kann es sogar nötig werden, für die Verlegung der Kabel die Trasse kurzfristig mittels Absenkungen des Grundwasserspiegels trockenzu-legen (LOHFINK 1987).

Nicht zu unterschätzen in ihren Auswirkungen auf das gesamte Ökosystem sind mögliche Verunreinigungen des Grundwassers bei Stromkabelbrüchen durch austretendes Öl, die trotz des hohen Sicherheitsstandards nicht völlig auszuschließen sind. Gerade die Querung von Talauen mit Hochspannungskabeln ist in diesem Zusammenhang als besonders problematisch zu beurteilen.

Im Falle der **Gas- und Ölpipelines** kann es unter Umständen zu einer Veränderung von Wasserführungen kommen, wenn bei der Rohrmontage zufällig unterirdische Wasseradern angeschnitten werden. Das Ausmaß derartiger Unfälle ist besonders in Wasserschutzgebieten von großer ökologischer Bedeutung (KIESLICH & LÖBACH 1991). In Gefällsstrecken ist ein Auftreten von Drainagewirkungen nicht ungewöhnlich. Dies kann letztlich zu Ertragseinbußen oder Störungen in der landwirtschaftlichen Nutzung führen (LOSCH & NAKE 1990).

Zu Schäden erheblichen Ausmaßes führen Undichtigkeiten an den Rohrleitungen, so daß Gas oder Öl in größeren Mengen in das Erdreich austreten und damit auch das Grundwasser verseuchen kann. Aufgrund des intensiven Überwachungssystems im Längsverlauf aller erdverlegten Leitungsarten bilden derartige Unfälle jedoch eher eine Ausnahme bzw. werden normalerweise relativ rasch aufgedeckt und behoben (siehe [Kap. 1.8.3.2](#), S. 42).

1.8.5 Vogelverluste

Die negativen Aspekte von Freileitungskonstruktionen in der freien Flur, die viele Ornithologen in zahlreichen Publikationen immer wieder anprangern, betreffen die Folgen der Verdrahtung der Landschaft, der die Vögel in großer Anzahl zum Opfer fallen. Hauptsächlich handelt es sich dabei um die Verluste durch Anprall der Vögel gegen schlecht sichtbare Leiterseile oder durch Stromschlag bei

nicht ausreichend gesicherten Mastkopfelementen. Außerdem lassen sich im Anschluß an die Errichtung einer Freileitung oftmals Abweichungen in den Verhaltensweisen bestimmter Arten beobachten, die auf Veränderungen der gewohnten Biotopstrukturen zurückzuführen sind (siehe Kap. 1.8.2, S. 41).

Eine große Anzahl an Vögeln verunglückt alljährlich tödlich beim **Anprall gegen die Leiterseile**. Maßgeblich verantwortlich für das Ausmaß der Opfer kann die Trassenführung sein, wenn sie lokale Flugrouten zwischen Nahrungsgebieten und Brut-, Ruhe- oder Schlafplätzen durchschneidet (HEIJNIS 1980; BEZZEL 1982; FUNK 1986). Verlaufen die Leitungen über Flußmündungen bzw. Flußtäler oder überqueren sie größere Wasserflächen, so gefährden sie speziell Wasservögel (McNEIL et al. 1985).

HEIJNIS (1980) beobachtete, daß die Zahl der verunglückten Vögel nicht gleichmäßig über das Jahr verteilt ist, sondern genau mit dem Rhythmus des Heim- und Fernzugs zusammenfällt. Besonders gefährdet sind die bevorzugt in der Dämmerung oder nachts ziehenden Arten. Radarkontrollen ergaben zwar, daß der Vogelzug meist in großen Höhen über den Leitungen stattfindet, bei schlechtem Wetter allerdings sinkt die Flughöhe und gerät damit durchaus in den Einflußbereich der Hoch- und Höchstspannungsleitungen; eine Zunahme der Unfallhäufigkeit ist dann zu verzeichnen. Fatal wirken sich auch in der Vertikalen übereinander angeordnete Leiterseile aus, besonders wenn sie nicht gebündelt, sondern als Einzelleitungen wesentlich schlechter sichtbar sind (HEIJNIS 1980; HAAS 1991).

Zahlreiche Vögel erliegen dem **Stromtod**, wenn sie auf unzureichend gesicherten Mastköpfen sitzen oder nisten. Man unterscheidet bei der sog. Elektrokution zwei Arten (HAAS 1980a, 1980b):

- **Tod durch Kurzschluß:** das Tier berührt mit dem Körper zwei elektrische Leiter mit unterschiedlichem Spannungspotential, so daß ein Stromfluß durch den Körper erfolgt;
- **Tod durch Erdschluß** tritt beim Überschlag des Isolators zwischen einem Leiter und der Erde mit der Folge eines Stromflusses zu der Erdschlußstelle ein. Ein Durchschlag unter Umgehung des Isolators kommt über Tierkörper und/oder damit zusammenhängenden Strukturen (Kotstrahl, mitgeführtes Nistmaterial) zustande. Feuchte Witterung kann Isolationsüberschläge begünstigen, insbesondere in Verbindung mit Fremdmaterial oder Verschmutzung.

Besonders gefährdet sind Vögel etwa ab Taubengröße, die bevorzugt auf den Masten der Mittelspannungsleitungen rasten, nach Beute spähen oder nisten (z.B. Weißstorch, Uhu, Waldkauz, Schleiereule, Turmfalke, Rotmilan, Mäusebussard und Rabenvögel). Bei einigen, zum Teil sehr seltenen Großvogelarten liegt die Verlustrate durch Stromschlag sehr hoch. So machen OBST et al. (1977) die Verdrahtung der Landschaft als Hauptgefährdungsfaktor für den Uhu (*Bubo bubo*) in Bayern sowie FIEDLER & WISSNER (1980) für den Weißstorch europaweit verantwortlich. Natürlich darf man nicht vernachlässigen, daß der geeignete Lebensraum gerade für diese Arten immer weiter eingeschränkt wird und

damit ebenfalls erheblich bestandsdezimierend wirkt. KOETH (1986), Vertreter eines EVU, berichtet von ornithologisch fundierten Untersuchungsergebnissen, die den Vogeltod durch Freileitungen in seiner Bedeutung weit hinter andere Faktoren - wie Jagd, Fang, Vergiftung, Lebensraumzerstörung und Wasserverschmutzung - stellen.

Die Gefahr, durch Stromschlag getötet zu werden, liegt hauptsächlich in der (inzwischen überholten) Bauweise der Mastköpfe begründet, besonders im Mittelspannungsbereich. Stützisolatoren, zu kurze Hängeisolatoren sowie Leiterseile oder andere technische Elemente, die zu nahe an die als Sitz- oder Nistgelegenheit benutzten Traversen heranreichen, tragen die Hauptschuld an den hohen Verlustraten (OBST et al. 1977; SCHREINER 1986).

Nachdem Vogelunfälle an Freileitungen auch wirtschaftliche und technische Schäden verursachen, ist eine Entschärfung oder Umrüstung der gefährlichen Mastkonstruktionen auf vogelfreundliche Nutzungsmöglichkeit auch im Interesse der EVU erstrebenswert. Inzwischen wurden wirksame Schutzmaßnahmen gegen Stromschlag ausgearbeitet, die die VDEW in ihren Erläuterungen "Vogelschutz an Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1 kV" aufführt (VDEW 1986).

1.8.6 Erholungsbetrieb

Mit der Anlage einer Freileitung durch einen Wald entstehen Öffnungen im vormals unzugänglichen Gelände. Dies kann zur Folge haben, daß - bedingt durch den erleichterten Zugang - Menschen in verstärktem Maße in das Gebiet strömen und aufgrund ihres rücksichtslosen Verhaltens eine empfindliche Störung der Tier- und Pflanzenwelt herbeiführen. Häufige Kurzbesuche der Erholungssuchenden äußern sich in den schlimmsten Fällen (so beobachtet in Nordamerika) in einem höheren Jagddruck und möglicherweise sogar in unkontrollierbarem Wildern (WAAL MALEFYT et al. 1976), normalerweise "beschränken" sich die negativen Auswirkungen jedoch auf die allgemeine Beeinträchtigung der Verhaltensmuster besonders scheuer und störungsempfindlicher Tierarten (GEPP 1980). Selbst an der Natur interessierte und entsprechend rücksichtsvolle Besucher können, besonders in seltenen und empfindlichen Biotoptypen, durch Trittschäden zur Zerstörung gefährdeter Pflanzenarten und durch Lärm zur Vertreibung scheuer Tierarten beitragen.

Noch negativer sind die Auswirkungen zu beurteilen, wenn die von den Leitungen überspannten Flächen als Sport- oder Freizeitanlagen ausgebaut und verpachtet werden, da sie dann erstens den Entzug der Lebensgrundlage der dort ansässigen Flora und Fauna bedeuten und zweitens für Zwecke des Naturschutzes nicht mehr zur Verfügung stehen. Als problematisch erweist sich eine Entscheidung für diese Art der "Trassennutzung" besonders im näheren Umkreis von Ballungsräumen, wo die Wünsche einer freizeitorientierten Bevölkerung gegen die Interessen des Naturschutzes prallen. Der Konflikt verschärft sich, weil hier im städtischen Bereich meist zu wenig Freiraum vorhanden ist, um den steigenden Bedarf an Freizeiteinrichtungen zu decken.

1.8.7 Elektromagnetische Felder

Nach BERNDT (1986) ist nur das elektrische Feld der Freileitungen von Relevanz für Pflanzen, Tiere und Menschen, während das im Bereich von Hochspannungsanlagen auftretende Magnetfeld vernachlässigbar klein bleibt und somit keine Auswirkungen auf Organismen ausübt. Im Folgenden soll deshalb nur auf die Bedeutung der elektrischen Felder näher eingegangen werden.

Bislang existieren nur wenige Untersuchungen über die Auswirkungen dieser Felder unter Freileitungen auf tierische und pflanzliche Organismen. Die ersten Arbeiten zu diesem Thema entstanden in den sechziger Jahren nach Inbetriebnahme der 500 kV-Leitungen in Rußland und behandelten die Einflüsse des elektrischen Feldes auf den Menschen. In mehreren medizinischen Gutachten wurde festgestellt, daß das Ausmaß der gesundheitlichen Beeinträchtigungen unmittelbar mit der Dauer des Aufenthaltes im Wirkungsbereich des Starkstroms in Verbindung steht (YOUNG 1976).

Bei Tieren läßt sich dieser Zusammenhang anscheinend nicht erkennen. Zwar beobachtete WELLENSTEIN (1973) bei Bienenvölkern, deren Stöcke unter Freileitungen aufgestellt waren, eine erhöhte Aggressivität und einen gesteigerten Drang zum Ortswechsel, besonders bei schlechten Wetterverhältnissen, und brachte diese Verhaltensmuster mit den Wirkungen des elektrischen Feldes in Verbindung. Bei Wirbeltieren jedoch konnten weder in Labor noch in Freilanduntersuchungen bislang nennenswerte Beeinträchtigungen nachgewiesen werden, selbst dann nicht, als man Ratten und Mäuse über eine längere Zeitspanne hinweg abnorm hohen Feldstärken aussetzte (BANKOSKE et al. 1976; KORNBERG 1976; BAYER et al. 1977). Auch auf das Brutverhalten von Vögeln haben die elektromagnetischen Felder offensichtlich keinen Einfluß. So ergaben Untersuchungen an Großvögeln (Habicht), die auf Höchstspannungsmasten (230 und 500 kV) brüteten, keinerlei Abweichungen in der Anzahl der Nachkommen im Vergleich zu auf Bäumen oder in Felswänden brütenden Habichten (LEE 1984, zit. in JARASS et al. 1989).

Bei Pflanzen fanden sich Trockenschäden im obersten Kronenbereich von Bäumen und Sträuchern, wenn sie zu dicht an die Leiterseile heranreichten. Ursachen hierfür sind Ozonemissionen, besonders im Hoch- und Höchstspannungsbereich (LEE et al. 1982). Da normalerweise die Einhaltung der erforderlichen Schutzabstände zwischen den Leiterseilen und den obersten Zweigen von Sträuchern und Bäumen streng überwacht wird, dürften diese Schäden eher eine Ausnahme darstellen.

Es läßt sich zusammenfassen, daß zweifellos negative Effekte von Stromträgern ausgehen, in welchem Ausmaß sie jedoch Menschen, Tiere und Pflanzen beeinträchtigen, ist noch nicht eindeutig nachge-

wiesen. Umfangreiche und vor allem langfristige Forschungen auf diesem Gebiet sind dringend notwendig, um allgemeingültige Aussagen über die schädigenden Auswirkungen treffen zu können.

1.8.8 Atmosphärische Auswirkungen

Ähnlich schwer definierbar wie die Auswirkungen des elektrischen Feldes auf Organismen sind die Effekte der Korona-Entladungen, die an den Leiterseilen von Freileitungen auftreten und neben Übertragungsverlusten und Geräuschemissionen auch die Bildung von Ozon (O_3) und Stickoxiden (NO_x) verursachen. Es handelt sich bei den Korona-Erscheinungen um elektrische Teildurchschläge der Luft, wenn am Leiter oder an Armaturen eine bestimmte Feldstärke erreicht oder überschritten wird (LECHLEIN 1986). Da sie im wesentlichen abhängig vom Aufbau der Seilbündel, von der Betriebsspannung und der jeweiligen Witterung sind, machen sie die Angabe genauer Werte einer Ozon- und Stickoxidbelastung fast unmöglich. Fachleute bezeichnen den bisweilen mit dem Waldsterben in Zusammenhang gebrachten Ozonausstoß an Freileitungen selbst bei feuchten Wetterverhältnissen, die ein Höchstmaß an Ozonbildung bewirken, als so gering, daß eine Beeinträchtigung der Luftqualität praktisch vernachlässigbar erscheint (BERNDT 1986; BÖHRINGER et al. 1988).

Anhand von Versuchen ließ sich nachweisen, daß die Ozonerneuerung einer 380 kV-Leitung im Jahresdurchschnitt in etwa 2 g pro Stunde und Stromkreis kilometer beträgt. Die geringe Bedeutung dieses Wertes kommt dadurch zum Ausdruck, daß schon in fünf Metern Abstand von der Leitung nur noch eine Änderung der natürlichen Ozonkonzentration von 0,3 bis max. 5 ppb (parts per billion, 10^9) gemessen werden kann. In größeren Entfernungen, z.B. am Boden unterhalb der Leiterseile, ist eine Abweichung von den Umgebungswerten überhaupt nicht mehr nachweisbar, so daß auch die oftmals beobachtbaren Vegetationsschäden der angrenzenden Waldbestände eher auf die charakteristischen Kennzeichen der Waldrandsituation (siehe auch Kap. 1.3.2, S. 22) zurückzuführen sind als auf eine übermäßige Ozonbelastung infolge von Freileitungen. Angesichts der natürlichen Ozonpegel in Reinfluchtgebieten und seiner Variationsbreite durch anthropogene Schadstoffbelastung muß bei realistischer Betrachtung der von Hochspannungsfreileitungen ausgehende Beitrag der Ozonbildung als unbedenklich erachtet werden. Mit dieser Erkenntnis erübrigt sich auch die bisweilen in der Literatur geäußerte Vermutung (z.B. BEHRENDTS 1984, zit. in JARASS et al. 1989), die Ozonemission an Freileitungsanlagen stünde im direkten Zusammenhang mit dem Waldsterben (BÖHRINGER et al. 1988).

Titelbild: Schneisen-Ausholzung von Kiefernforsten können z. B. auf Eisensandstein (hier nordöstlich von Berching in Neumarkt i. d. Oberpfalz) in wechselfeuchter Lage sehr erwünschte Sekundärpfeifengraswiesen hervorrufen. Als Anschließpflege sollte die vorbildliche Streuwiesen-Gebüsch-Verzahnung erhalten werden.
(Foto: Alfred Ringler)

**Landschaftspflegekonzept Bayern, Band II.16
Lebensraumtyp Leitungstrassen**

ISBN 3-924374- 85-6

Zitiervorschlag: Killer, G., Ringler, A. und Heiland, S. (1994)
Lebensraumtyp Leitungstrassen; Landschaftspflegekonzept Bayern,
Band II.16 (Projektleiter: A. Ringler).-
Hrsg.: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
(StMLU) und Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL),
115 Seiten; München

Die Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist eine dem Geschäftsbereich des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen angehörende Einrichtung.

Auftraggeber: Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen
Rosenkavalierplatz 2, 81925 München, Tel. 089/9214-0
Auftragnehmer: Alpeninstitut GmbH
Neumarkter Str. 87, 81673 München, Tel. 089/6882081
Projektleitung: Alfred Ringler
Sachbearbeitung: Gerda Killer
Alfred Ringler
Mitarbeit: Stefan Heiland
Grafik: Christian Schuh-Hofer, Andreas Detter
Redaktion: Ulrike Tuchnitz, Susanne Arnold, Gerda Killer

Schriftleitung und Redaktion bei der Herausgabe: Michael Grauvogl (StMLU)
Dr. Notker Mallach (ANL)
Marianne Zimmermann (ANL)

Hinweis: Die im Landschaftspflegekonzept Bayern (LPK) vertretenen Anschauungen und Bewertungen sind Meinungen des oder der Verfasser(s) und werden nicht notwendigerweise aufgrund ihrer Darstellung im Rahmen des LPK vom Bayerischen Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen geteilt.

Die Herstellung von Vervielfältigungen - auch auszugsweise - aus den Veröffentlichungen der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie deren Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung.

Satz, Druck und Bindung: ANL
Druck auf Recyclingpapier (aus 100% Altpapier)