

Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege

Laufen/Salzach

**ANL**

**Freileitungen  
und  
Naturschutz**



**Laufener Seminarbeiträge 6/86**







# **FREILEITUNGEN UND NATURSCHUTZ**

Seminar

5. - 7. März 1986      Laufen a.d. Salzach

in Zusammenarbeit mit dem Verband  
Bayerischer Elektrizitätswerke e.V.

Seminarleitung:

Dr. Wolfgang Zielonkowski  
Direktor der ANL

---

Herausgeber:

Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege  
D-8229 Laufen/Salzach, Postf. 1261, Tel. (08682) 70 97

LAUFENER SEMINARBEITRÄGE 6/86  
Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege  
ISSN 0175-0852  
ISBN 3-924374-36-8

---

Schriftleitung: Dr. Notker Mallach

Für die Einzelbeiträge zeichnen die jeweiligen Referenten verantwortlich.

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



## Programm des Seminars

---

Referenten

Referate und Diskussionen

---

### Mittwoch, 5. März 1986:

Dr. Wolfgang Zielonkowski,  
Direktor der Akademie

Begrüßung und Einführung  
Naturschutz eine Aufgabe der Ge-  
sellschaft

### Donnerstag, 6. März 1986:

Dr. Herbert Preiß,  
Reg.-Rat z.A., ANL

Ökosysteme und Lebensräume im Be-  
reich von Freileitungen

Alfred Ringler,  
Dipl.-Biologe, München

Landschaftspflegemaßnahmen und Na-  
turschutz im Bereich von Wäldern,  
Waldrändern, Hecken, Feucht- und  
Trockengebieten

Hermann Berndt, Dipl.-Ing.,  
Isar-Amperwerke München

Freileitungen und ihre Bewertung als  
Umweltfaktor

Helmut Flach, Dipl.-Ing.,  
Lech-Elektrizitätswerke  
Augsburg

Technische Anforderungen an Bau und  
Unterhalt bei Freileitungen

Johann Schreiner,  
Oberreg.-Rat, ANL

Praktische Maßnahmen des Vogel-  
schutzes im Zusammenhang mit Frei-  
leitungen

### Freitag, 7. März 1986:

Johann Haseneder, Dipl.-Ing.,  
Energieversorgung Ostbayern  
AG Regensburg

Mögliche Berücksichtigung von Natur-  
schutzbelangen bei Freileitungstrassen

Dr. Klaus Heidenreich,  
Min.-Rat, Bayer. Staats-  
ministerium f. Landesent-  
wicklung u. Umweltfragen,  
München

Praktische Erfahrungen aus dem Be-  
reich Naturschutz und Freileitungen  
aus der Sicht der Fachbehörden

Dr. Wolfgang Zielonkowski

Zusammenfassung und Ergebnisse

## Inhalt

		Seite
Seminarergebnis		5
Naturschutz - eine Aufgabe der Gesellschaft	W. Zielonkowski	9
Ökosysteme und Lebensräume im Bereich von Freileitungen	H. Preiß	14
Landschaftspflege und Biotopgestaltung auf Freileitungstrassen	A. Ringler	20
Freileitungen und ihre Bewertung als Umweltfaktor	H. Berndt	49
Technische Anforderungen an Bau und Unterhalt bei Freileitungen	H. Flach	81
Praktische Maßnahmen des Vogelschutzes im Zusammenhang mit Freileitungen	J. Schreiner	98
Mögliche Berücksichtigung von Naturschutzbelangen im Bereich von Freileitungstrassen	J. Haseneder	105
Naturschutz und Freileitungen (erweiterte Gliederungsskizze)	K. Heidenreich	130

## SEMINARERGEBNIS

### Biotopverbund durch Freileitungstrassen?

Stand früher bei Planung und Bau von Freileitungen das ästhetische Argument der Beeinträchtigung des Landschaftsbildes im Vordergrund, das zu scharfen Diskussionen über die technischen Möglichkeiten der Verkabelung führte, so gewinnt heute die Frage an Interesse, inwieweit und unter welchen Voraussetzungen sich Trassen elektrischer Freileitungen für Ziele des Naturschutzes optimieren lassen. Aspekte der Trassenwahl und der naturschutzorientierten Pflege dieser Flächen als wertvolle Biotope in einer bis auf den letzten Quadratmeter intensiv beanspruchten Nutzlandschaft schieben sich zunehmend in den Mittelpunkt.

So wurden auf dem gemeinsamen Seminar der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege und dem Verband Bayer. Elektrizitätswerke e.V., zu dem sich ca. 50 Fachleute der Energieversorgungsunternehmen sowie amtliche Naturschützer in Laufen einfanden, auch die Möglichkeiten besprochen, inwieweit sich Freileitungstrassen in ein Flächenschutzkonzept (Biotopverbundsystem) des Naturschutzes einbinden lassen. Insgesamt stellt dieses Seminar die Fortführung einer thematisch ähnlichen Veranstaltung im Jahre 1980 dar, deren Ergebnisse im ANL-Tagungsbericht 8/80 unter dem Titel "Freileitungsbau und Belastung der Landschaft" veröffentlicht wurden.

Im einleitenden Referat betonte Dr. Wolfgang ZIELONKOWSKI, Direktor der ANL, die lange Tradition des Naturschutzes, die keineswegs eine neumodische Erscheinung unserer Tage sei, wie fälschlicherweise häufig geäußert werde. Bereits 1836 führte der Einsatz einer Bürgerinitiative zum Erhalt des Drachenfels im Siebengebirge und zum ersten deutschen Naturschutzgebiet, und schon 1919 verpflichtete sich im Artikel 150 der Verfassung des Deutschen Reiches der Staat erstmals ausdrücklich zur Erhaltung und Pflege der Natur. Während früher aber romantisierende und mystifizierende Einstellungen zur Natur Triebfedern der Naturschutzbestrebungen waren bzw. lange Zeit die Schönheit und Eigenart von Naturschöpfungen, von Landschaftsausschnitten und von meist prachtvollen Tier- und Pflanzenarten im Vordergrund des Interesses standen, geht es heute fundamental ums Überleben der Arten einschließlich des Menschen selbst. So müsse man nach jedem Strohalm für die Sicherung der massiv gefährdeten Tier- und Pflanzenarten und deren Vergesellschaftungen greifen und die Chancen einer Biotopsicherung im Zuge der Freileitungstrassen unvoreingenommen prüfen.

Dr. Herbert PREISS, ANL, bedauerte die Tatsache, daß breit angelegte ökologische Grundlagenuntersuchungen über die Auswirkungen von Freileitungen und deren Trassen fehlen; andererseits stellte er mehrere in ihrer Wirkung gegensätzlich zu beurteilende Aspekte zur Diskussion. Im Falle standortsfremder Fichtenforste kann eine Durchspannung mit E-Leitungen durchaus zu einer ökologischen Bereicherung führen, wenn dadurch für zurückgedrängte Tier- und Pflanzenarten Ersatzlebensräume entstehen. Dagegen sei die Durch- oder Überspannung von wertvollen Gebieten wie Auwäldern und naturgemäßen (Misch-) Wäldern wegen ihrer vorrangigen ökologischen Bedeutung abzulehnen. Zu bedenken seien nicht nur die Zerschneidungseffekte, die zu einer zunehmenden Verinselung der Populationen führten, sondern auch die Einwanderung fremder Faunen-



und Florenelemente, wozu im weiteren Sinn auch der Mensch als Spaziergänger, Reiter, Skiläufer usw. gehöre. Besonders gefährdet seien die mageren Standorte wie Streuwiesen, bodensaure Niedermoore, Hochmoore und trockene Magerrasen bereits durch die Bauarbeiten, wobei es durch Aufschüttung von Hilfsstraßen und Maschinenspuren zu irreversiblen Beeinflussungen der Hydrologie, des Chemismus und des Nährstoffhaushalts des Biotops kommen kann.

Auch Dipl.-Biologe Alfred RINGLER vom Alpeninstitut München wies auf das Konfliktfeld zwischen ökologischen Pro-, ökologischen Contra- und landschaftsästhetischen Contra-Argumenten hin. Letztlich könne aber auch der "Bewertungshokuspokus" mancher Umweltverträglichkeitsstudien nichts daran ändern, daß es keine "unschädlichen" Varianten für Leitungstrassen gebe. Wichtig für den Naturschutz sei jedoch die ökologisch vorteilhafte Umgestaltung der leider nun mal vorhandenen Freileitungstrassen, für die der Referent zahlreiche Beispiele nannte. Selbstverständlich sei bei allen Pflegemaßnahmen Herbizideinsatz kein Mittel der Wahl. Jeder größere Masten bedinge einen kleinen Fleck Brachbiotop, der in einer ausgeräumten Ackerlandschaft als Rainersatz willkommen sein kann, allein schon durch die kleine "Ökozelle" von Hochgras- und Staudenbeständen im direkten Sockelbereich. Vor allem in räumlicher Zuordnung zu bestehenden Rainen, Hecken und Altgrasfluren könnten die Mastenfußbiotope für Kleinsäuger und Wirbellose förderlich sein. Freileitungen durch Wälder erzeugen einen eigenständigen Biotoptyp, den "Dauerkahlschlag", der differenzierte Wirkungen habe. Für Vogelarten, die auf Waldschneisen balzen oder jagen (z.B. Waldschnepe, Ziegenmelker, Waldwasserläufer) sieht der Referent ein Gefährdungspotential durch die Leitungen. Grundsätzlich sollte auf möglichst flache mikroklimatische Gradienten geachtet werden. Es sollten also unter Leitungstrassen durch Wälder keine Äcker, sondern Gebüsch angelegt werden. Vorteilhaft ließen sich diese Gehölze im Niederwaldbetrieb mit 10-15jähriger Umtriebszeit bewirtschaften.

Wissenschaftlich fundiert setzte sich Dipl.-Ing. Hermann BERNDT von den Isar-Amperwerken (München) mit den von Freileitungen ausgehenden elektrischen und elektromagnetischen Feldern und ihren möglichen Wirkungen auseinander. Im Vordergrund dabei standen allerdings die hygienischen Wirkungen, also die Einflüsse auf die Physiologie und Gesundheit des Menschen. Anhand umfangreicher Versuchsergebnisse konnte er überzeugend darlegen, daß die durch die elektrischen und magnetischen Felder im tierischen Körper bewirkten Influenz- oder Induktionsströme bei normalem (Boden-) Abstand zu den Freileitungen die Schadensgrenzwerte um Zehnerpotenzen unterschreiten. Allerdings lagen den mitgeteilten Versuchen fast ausschließlich Säugetiere und der Mensch selbst als Probanden zugrunde, weshalb aus diesen Ergebnissen nicht grundsätzlich auf die ökologische Wirkungslosigkeit geschlossen werden darf. Immerhin war zu erfahren, daß bei Bienen, deren Stöcke unmittelbar unter Höchstspannungsleitungen standen, erhöhte Reizbarkeit und Sterblichkeit beobachtet werden konnte. Der Referent bestätigte Literaturberichte, wonach bekannt sei, daß Insekten außerordentlich empfindliche Sinnesorgane für elektrische Ladungen besitzen. Es handle sich dabei aber nicht um primäre physiologische Wirkungen, sondern um Sekundäreffekte, für deren Wirksamkeit der Chitinpanzer und die feine Behaarung wesentlich maßgebend seien. Befürchtungen, wonach die sog. Koronaerscheinungen bei Hoch- und Höchstspannungsleitungen das sind mit prasselnden Geräuschen (Lärmemissionen!) verbundene Gasentladungen an den Stromseilen und Halterungen über die dabei stattfindende Ozon- und Stickstoffoxid-

produktion für das Waldsterben verantwortlich seien, wies der Referent zurück. Die dabei produzierten Gasmengen seien im Verhältnis zum Ausstoß des Verkehrs, von industriellen Prozessen und der Heizungen in der Größenordnung von über 2 Mio t jährlich in der BRD so gering, daß selbst am Boden unter einer 380 kV-Leitung eine Abweichung von den Umgebungswerten sogar bei einer Meßgenauigkeit von Bruchteilen von ppb (= parts per billion; Billion =  $10^9$ ) nicht mehr nachweisbar sei. Somit seien die Freileitungen hinsichtlich des Waldsterbens völlig unbegründet in die Schußlinie geraten.

Dipl.-Ing. Helmut FLACH von den Lech-Elektrizitätswerken (Augsburg) machte in seinem Vortrag die technisch-betrieblichen und kostenmäßigen Nachteile der Verkabelung gegenüber denen von Freileitungen deutlich. Stromkabel sind wesentlich wartungs- und reparaturintensiver, haben einen sehr hohen Grundstücksbedarf und sind in der Summe eines Versorgungsnetzes störungsanfälliger und im übrigen bis zu 8mal teurer als eine Freileitung. Während es im Nieder- und Mittelspannungsbereich (220/380 V; 10/20 kV) kaum technische Probleme gibt, potenzieren sich diese im Höchstspannungsbereich (220 und 380 kV). Die dabei zum Einsatz kommenden Öl- und Gasdruckkabel benötigen eine technisch aufwendige Drucküberwachung des Isoliermediums. Um bei Höchstspannungskabeln höhere Übertragungsleistungen zu erreichen, müssen die Kabel künstlich gekühlt werden. Bei Teilverkabelungen addieren sich so der Referent die Nachteile beider Stromübertragungsmittel. Die Diskussion führte zu der Einsicht, daß eine Verkabelung zwar das Landschaftsbild vor Verunstaltung bewahre, demgegenüber aber eine Aufgrabung an empfindlichen, physiologisch mageren Standorten im Überlandbereich (Ödland, Mager- und Trockenrasen, extensive Hutungen, Streuwiesen), da in ihrer bodenchemischen Wirkung irreversibel, erst recht nicht zu tolerieren sei. Man war sich in der Runde einig, daß Bauvorhaben grundsätzlich in fachlicher gegenseitiger Absprache zwischen Technikern und Naturschutzexperten optimiert werden müssen.

Daß sich verständnisvolle Zusammenarbeit beim Bau und der Gestaltung der Stromleitungen hinsichtlich der Beseitigung von Gefährdungsursachen für unsere Vogelwelt bewähren kann, bewiesen auch die Ausführungen von Oberregierungsrat Johann SCHREINER (ANL). Während der Tötung von Vögeln (vor allem von Großvögeln etwa ab Taubengröße, z.B. Enten, Greifvögel, Störche) auf Masten durch Stromschlag infolge Kurzschluß oder Erdschluß durch eine geeignete Umrüstung der Masten weitgehend begegnet werden kann (nämlich durch Isoliermanschetten; Abspann- oder Hängeisolatoren ausreichender Länge anstatt Stützenisolatoren; Anordnung der Leiterseile möglichst in einer Ebene), kann ein Aufprall der Vögel gegen Leitungsdrähte oder die Entwertung von Bruthabitaten von bodenbrütenden Vogelarten allerdings nur durch eine Umgehung wertvoller Biotope oder durch Verkabelung vermieden werden. Dies gelte es also bei Neutrassierungen von Freileitungen im Bereich von Wasser- und Wiesenvogelbrutgebieten (z.B. Großer Brachvogel, Rotschenkel, Uferschnepfe, Bekassine) sowie bei Brut- und Nahrungsgebieten von Schwarz- und Weißstorch zu beachten. Die verbliebenen unzerschnittenen, großflächigen, naturnahen Lebensräume wie Auwälder und andere naturnahe Waldbestände sollten überhaupt nicht mehr mit Leitungstrassen durchschnitten werden.

Daß sich die Stromversorgungsunternehmen durch die Zusammenarbeit mit den Landschafts- und Naturschützern bereits viel an einschlägigen Erkenntnissen und Erfahrungen zu eigen gemacht haben, das versicherte

auch Dipl.-Ing. Johann HASENEDER von der Energieversorgung Ostbayern AG (Regensburg) anhand zahlreicher Beispiele. Angesichts des immens großen bestehenden Leitungsnetzes sei jedoch an einen generellen Umbau aller Gefährdungsstellen für Großvögel leider nicht zu denken. Realisierbar seien hingegen gezielte Umbauten in örtlich begrenzten Bereichen, die sich als überdurchschnittlich gefährlich für Vögel erwiesen hätten. Gern übernehme man die vom Landesbund für Vogelschutz (LBV) zu diesem Zweck erarbeiteten Kartierungen von Weißstorch- und Wiesenbrüterpopulationen sowie besonders gefährlicher Leitungsmasten. Um bei Auslichtungsarbeiten auf Trassen mit Gehölzbewuchs Störungen der Vogelwelt während des Brutgeschäftes zu vermeiden, bestünden innerbetriebliche Arbeitsanweisungen, wodurch diese notwendigen Unterhaltungsmaßnahmen grundsätzlich nur in der Zeit vom 1. September bis 28. Februar durchgeführt werden dürfen. Chemische Mittel würden seines Wissens derzeit nicht mehr eingesetzt, versicherte der Referent. Im übrigen plane der Verband Bayerischer Elektrizitätswerke e.V. (VBEW) die Herausgabe einer Broschüre "Vogelschutz bei Freileitungsmasten", in der für die Praxis die verschiedensten Möglichkeiten des Vogelschutzes aufgezeigt werden sollen.

Dr. Notker Mallach

Dr. Wolfgang Zielonkowski



## NATURSCHUTZ - EINE AUFGABE DER GESELLSCHAFT

Dr. Wolfgang Zielonkowski

### Einführung

Im Grunde genommen sind Naturschutzbestrebungen so alt wie die Menschheit selbst. Von Anfang an waren Teile der Natur mit einem Tabu belegt, ja man kann schon die Geschichte vom Paradiesbaum so deuten.

Bei allen Einschränkungen stand im Vordergrund menschlichen Handelns jedoch immer die Auseinandersetzung mit einer übermächtigen Natur. Seit jeher war der Mensch in erster Linie "Naturnutzer", und alle seine Handlungen waren fester Bestandteil einer Überlebensstrategie. Im Laufe seiner Entwicklungsgeschichte ließ er viele Tabus fallen, er befreite sich von ihm unangemessen erscheinenden Bindungen und wurde im Gebrauch der Naturgüter fordernder. Verstärkt wurde dies durch eine entsprechende Geisteshaltung der Naturwissenschaften, die allein das Meßbare, Zählbare und Wägbare gelten ließ. Zwangsläufig gingen dabei die Zusammenschau des Ganzen und der menschliche Maßstab verloren. Ein Problem, mit dem sich auch die heutige Wissenschaft intensiver auseinandersetzen muß.

Die heutigen Naturschutzbestrebungen sind nichts anderes als eine Fortsetzung des naturgesetzlichen Prinzips des Überleben-Wollens, das nach wie vor Gültigkeit hat, ja eine Voraussetzung für eine Fortentwicklung ist. Auch der Mensch ist wie alle Lebewesen tief in den Gesetzen der Natur verankert, zugleich aber auch das einzige Lebewesen, das sowohl rückblickend als auch vorausschauend sein Wirken in der Natur selbstkritisch beurteilen und abschätzen kann.

In diesem Zwiespalt zwischen Bindung und Freiheit liegt die gesamte Verantwortung des Menschen sich selbst und seiner Mitnatur gegenüber. Als man der streng formalen Gestaltungsgrundsätze barocker Gartenanlagen mit ihrer zwingenden Geometrie überdrüssig wurde, sehnte man sich nach mehr Freiheit und Natürlichkeit. Musik, Dichtung, Malerei und Gestaltung entwickelten im Zeitalter der Romantik neue, beseelte Einstellungen zur Natur, ja sie überhöhten und mystifizierten die Natur in ihrer Natürlichkeit. Der englische Landschaftsgartenstil ist traditionelles Zeugnis einer Entwicklung zu mehr Natürlichkeit, zur Begegnung von Mensch mit Natur und Naturerlebnis. Namen wie SCKELL, LENNEE und Fürst PÜCKLER verbinden sich mit dem Schloßpark Nymphenburg und dem Englischen Garten in München, dem Tiergarten in Berlin, den Parken Schloß Branitz und Muskau.

Getragen von diesem romantischen naturbezogenen Zeitgeist suchte man das Erlebnis Natur, es entwickelte sich ein Heimatgefühl, ein Gefühl, daß es sich lohnte, sich für Heimat, Landschaft und Natur einzusetzen. Der Einsatz einer Bürgerinitiative zum Erhalt des Drachenfelses im Siebengebirge führte bekanntlich zum ersten deutschen Naturschutzgebiet.

Durch seine Tiergeschichten und Landschaftsschilderungen weckte Hermann LÖNS den Naturschutzgedanken und das Verständnis für die Belange der Tierwelt und die Schönheit der Landschaft.

Wandervereine und Landesverschönerungsvereine, Vereine zur Naturbeobachtung, zum Schutz der Alpenpflanzen und -tiere, Vereine für Natur- und Heimatschutz und viele der heute tätigen Naturschutzverbände wurden gegründet.

1919 verpflichtete sich im Artikel 150 der Verfassung des Deutschen Reiches erstmals der Staat zur Erhaltung und Pflege der Natur. 1925 fand der erste deutsche Naturschutztag in München statt. Es kann nicht außer Acht gelassen werden, daß im gleichen geschilderten Zeitraum eine vehemente technisch-industrielle Entwicklung stattfand, die verstärkt durch eine entsprechende Geisteshaltung der Naturwissenschaften allein das Meßbare, Zählbare und Wägbare gelten ließ bis in unsere Zeit.

Mit Verabschiedung des Reichsnaturschutzgesetzes 1935 wurden erstmals verschiedene Schutzkategorien geschaffen, wie Naturdenkmale, Naturschutzgebiete und Landschaftsschutzgebiete. Die Beteiligung des Naturschutzes bei allen Vorhaben in der freien Landschaft und die Organisation des staatlichen Naturschutzes wurden geregelt. Mit scheint es wert, weil aufschlußreich, einen Blick in dieses Gesetz, besonders in die Präambel, zu richten und diese zu zitieren:

"Die heimatliche Landschaft ist gegen frühere Zeiten grundlegend verändert, ihr Pflanzenkleid durch intensive Land- und Forstwirtschaft, einseitige Flurbereinigung und Nadelholzkultur vielfach ein anderes geworden. Mit ihren natürlichen Lebensräumen schwand eine artenreiche, Wald und Feld belebende Tierwelt dahin.

Diese Entwicklung war häufig wirtschaftliche Notwendigkeit; heute liegen die ideellen, aber auch wirtschaftlichen Schäden solcher Umgestaltung der deutschen Landschaft klar zutage.

Der um die Jahrhundertwende entstandenen Naturdenkmalpflege konnten nur Teilerfolge beschieden sein, weil wesentliche politische und weltanschauliche Voraussetzungen fehlten, erst die Umgestaltung des deutschen Menschen schuf die Vorbedingungen für wirksamen Naturschutz".

Wie Sie wissen, fanden die Bestrebungen zur Umgestaltung des deutschen Menschen ein schnelles Ende, und die Bestrebungen des Naturschutzes? Immerhin galt das Reichsnaturschutzgesetz bis weit in die 70er Jahre. Aus der Gefährdung attraktiver Pflanzen- und Tierarten resultierte eine Verordnung zum Reichsnaturschutzgesetz, das Gesetz zum Schutz der wildwachsenden Pflanzen und der nicht jagdbaren Tiere (Naturschutz-Ergänzungsgesetz vom 20.06.1962). Schnell folgte die Einsicht, daß die Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten nur durch den Schutz ihrer Lebensräume erhalten werden kann. Und schließlich erkennen wir, daß das vielfältige lebensbedingende Zusammenspiel der Naturgüter im Naturhaushalt und die begrenzte Verfügbarkeit und Belastbarkeit der Naturgüter Boden, Wasser und Luft zu berücksichtigen sind.

Fassen wir die geschichtliche Entwicklung des Naturschutzes zusammen, so lassen sich rückblickend 4 zielbestimmende Phasen erkennen:

1. Die Schönheit bestimmt das Bestreben, Natur und Landschaft zu erleben, zu erhalten und zu pflegen.
2. Schönheit, aber auch Eigenart von Naturschöpfungen, von Landschaftsausschnitten und von meist prachtvollen Tier- und Pflanzenarten gewinnen an Bedeutung.
3. Die Erkenntnis reift, daß die Vielfalt der Pflanzen- und Tierarten nur durch den Erhalt ihrer Lebensräume und Lebensbedingungen gesichert werden kann.

4. Alle bisherigen Schutzbestrebungen müssen scheitern, wenn nicht die Sicherung von Funktionsabläufen im Naturhaushalt und die Sicherung der Naturgüter erreicht wird. Dies führt zu einem umfassenden, ökologisch begründeten Naturschutz, dem Ökosystemschutz.

Demnach weiß der Naturschutz, was er will, er hat klare zukunftsorientierte Ziele:

1. Nachhaltige Sicherung der Naturgüter Boden, Wasser, Luft und der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes
2. Sicherung der wildlebenden Tier- und Pflanzenarten
3. Sicherung unbelebter Naturschöpfungen, Felsen, Quellen, Wasserfälle
4. Sicherung der Vielfalt, Eigenart und Schönheit von Natur und Landschaft.

Die Ziele des Naturschutzes können aber nur dann in der Bevölkerung klar und deutlich gemacht werden, wenn eine einsichtige, logische und konsequente Abgrenzung zu ähnlichen, oft verwechselten Zielen anderer Bereiche erfolgt. Diffuse Vorstellungen schaden dem Naturschutz, wenn in der Öffentlichkeit Naturschutz und technischer Umweltschutz sowie Naturschutz und Tierschutz oder auch Naturschutz und Denkmalschutz als identisch betrachtet werden. Umweltschutz umfaßt die Maßnahmen zur Sicherung der natürlichen Lebensgrundlagen und der Gesundheit des Menschen, einschließlich ethischer und ästhetischer Ansprüche. Er ist anthropozentrisch ausgerichtet und läßt sich in zwei Bereiche gliedern:

Naturschutz und Landschaftspflege, gelegentlich auch als biologischer Umweltschutz bezeichnet, die Ziele wurden bereits formuliert.

Technischer Umweltschutz beinhaltet den Einsatz technischer Maßnahmen zur Vorbeugung und Verminderung schädigender Einflüsse auf die natürlichen Lebensgrundlagen und die Gesundheit des Menschen.

Es kann gar nicht oft genug wiederholt und verdeutlicht werden, daß der technische Umweltschutz letztlich nur die Reparaturabteilung ist, in der kostenaufwendig repariert werden muß, was in der Planungsabteilung desselben Unternehmens versäumt wurde. Der Planungsabteilung, d.h. Naturschutz und Landschaftspflege, gehört größere Aufmerksamkeit. Wenn Staat und Gesellschaft hier mehr investieren, finanziell und personell, verringern sich die Folgekosten und Reparaturkosten erheblich.

Leider liegt der technische Umweltschutz wesentlich höher in der Gunst der Bevölkerung und Politik, weil die Ziele des Naturschutzes zu wenig bekannt und in ihren ökonomischen Zusammenhängen nicht aufgezeigt werden. Niemand unterstelle bei diesen Gedanken Technikfeindlichkeit, denn die Planungsabteilung fordert seit langem eine bessere, eine umweltverträglichere Technik und die Natur hält in vielfältiger Weise technologische Innovation bereit.

Ähnlich diffus ist das Erscheinungsbild des Naturschutzes gegenüber dem Tierschutz in der Bevölkerung. Naturschutz ergreift Maßnahmen zur Erhaltung und Förderung von Pflanzen und Tieren wildlebender Arten und ihrer Lebensgemeinschaften unter natürlichen Bedingungen. Das beinhaltet eine klare Abgrenzung zu Haustieren, Nutztieren und Zootieren. Es besagt nicht, daß ein Naturschützer deshalb nicht zugleich Tierschützer sein kann.



Die Auffassung in der Bevölkerung, Naturschutz konserviere vermeintlich überflüssige Relikte, assoziiert ihn immer wieder mit dem Denkmalschutz und der Denkmalpflege. Es wäre wünschenswert und es ist darauf hinzuwirken, daß Naturgüter und Naturschöpfungen den gleichen anerkannten Stellenwert wie Kulturgüter und Kulturschöpfungen in der Gesellschaft erringen, ihre unterschiedlichen Zielsetzungen jedoch deutlicher werden.

Ich bedauere, die Geschichte und Entwicklung des Naturschutzes aus Zeitgründen nur schlaglichtartig darstellen zu können. Eine Analyse des Geschehens, betrachtet aus dem jeweiligen Zeitgeist heraus, würde noch so manche bisher unbekannte Erklärung für gesellschaftliche Vorgänge bereithalten.

Eine erste Erkenntnis und Feststellung ist aus der geschichtlichen Betrachtung unbestritten zu gewinnen:

Inhalte und Ziele des Naturschutzes haben sich gewandelt und im Rahmen gesellschaftlicher Prozesse den jeweiligen Erfordernissen angepaßt. Während anfangs ästhetische, später ästhetisch-ethische und essentielle Fragen des Menschen berührt waren, stehen heute fundamental ethisch-existentielle Fragen unserer Gesellschaft im Vordergrund.

Eine zweite Feststellung:

Naturschutz hat Tradition, die in der Öffentlichkeit und natürlich institutionell besser herauszustellen ist. Tradition ist das Weitergeben von Kenntnissen und Fertigkeiten des Kulturbesitzes und der Moralanschauung auf folgende Generationen. Wenn Naturschutz kein Traditionsbewußtsein entwickelt und pflegt, bleibt er in unserer Gesellschaft ein schwach verankerter geistiger Flachwurzler.

Eine dritte Feststellung:

Die Ziele des Naturschutzes sind klar, existenzabsichernd, zukunftsorientiert, lebensbejahend, bewahrend, vorsorgend und fortschrittlich. Sie sind in dieser Deutlichkeit konsequent jedem einzelnen in der Bevölkerung näher zu bringen, weil

Wasser, Luft und Boden sowie die Sicherung der Leistungsfähigkeit des Naturhaushaltes sowohl für den Menschen als auch für alle anderen Lebewesen existentielle Voraussetzungen sind,

die Erhaltung von Tier- und Pflanzenarten für den Menschen sowohl ein existentielles Anliegen als auch eine ethische Verpflichtung ist,

der Schutz von Naturschöpfungen für den Menschen eine ethische Verpflichtung, aber auch ein ästhetisches Anliegen ist, und

die ästhetische Erscheinung der Umwelt für das Wohlbefinden des Menschen von großer Bedeutung ist.

Eine vierte Feststellung:

Naturschutz muß sich und seine Ziele zur eigenen Profilierung und besseren Imagebildung klar und deutlich vom technischen Umweltschutz, vom Tierschutz und dem Denkmalschutz abgrenzen und die Unterschiede der Öffentlichkeit vermitteln.

Wenden wir uns nun der noch offenen Frage zu: Was will der Naturschutz in der Bevölkerung erreichen? Diese Frage könnte folgendermaßen beantwortet werden:

Naturschutz will, daß Staat, Kommunen, alle Institutionen und jeder einzelne Bürger die Ziele des Naturschutzes erkennen, sie unterstützen und realisieren.

Anschrift des Verfassers:

Dr. Wolfgang Zielonkowski  
Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege  
Seethaler Straße 6  
Postfach 12 61  
D-8229 Laufen a.d. Salzach

# ÖKOSYSTEME UND LEBENSÄRÄUME IM BEREICH VON FREILEITUNGEN

Dr. Herbert Preiß

## 1. Einleitung

Es ist unbestritten, daß Bau und Unterhalt von Freileitungen und Freileitungstrassen auch ökologische Auswirkungen haben und damit auch zu einem Anliegen der ökologisch ausgerichteten Wissenschaften werden, die sich beispielsweise mit Fragen beschäftigen, inwieweit Lebensräume von Pflanzen und Tieren von Freileitungstrassen zerschnitten werden oder auf welche Weise solche Trassen auch neue Standortvoraussetzungen für bestimmte Arten schaffen. Liegen solche Erkenntnisse vor, ist es Aufgabe des Naturschutzes, negative Auswirkungen zu minimieren bzw. positive Aspekte zu verstärken und zu optimieren.

Bedauerlich ist, daß gerade auf diesem Sektor Grundlagenuntersuchungen auf breiter Basis fehlen, die es erlaubten, objektive Richtlinien für gesamtökologische Beurteilungen der Auswirkung von Leitungstrassen zu erstellen. In der Praxis werden zur Diskussion stehende Trassenvarianten Übergewichtig nach augenscheinlichen Faktoren beurteilt: Probleme der Landschaftsästhetik (visuelle Beeinträchtigungen) oder forstwirtschaftliche Auswirkungen (Ertragseinbußen) stehen im Vordergrund, während ökologisch-funktionelle Aspekte unberücksichtigt bleiben. Es können auch im Rahmen dieses Vortrages nur einige allgemeine Hinweise gegeben werden, gleichsam als ökologisches Grundgerüst für die folgenden Referate.

## 2. Offene Lebensräume

Darunter seien nicht von Wald bedeckte Pflanzenformationen verstanden, also die ganze Palette unserer Wiesen und Weiden, vom trockenen Magerrasen bis zur nassen Streuwiese sowie die Moore.

Eingriffe wirken sich hier vor allem während der Bauarbeiten aus: Masten müssen erstellt werden, die eigene Zufahrtstrassen erfordern. Insbesondere in feuchten und nassen Lebensräumen kann es hier zu erheblichen ökochemischen Verfremdungen kommen; wenn zum Beispiel durch ein nährstoffarmes, bodensaures Nieder- oder Hochmoor eine Zufahrt mit kalkhaltigem, nährstoffreichem Material geschoben wird, das dann neben der direkten Veränderung auf der Trasse auch durch Auswaschung und lateralen Stofftransport Hydrologie, Chemismus und Nährstoffhaushalt der angrenzenden Moorpartien beeinflusst.

Minimieren lassen sich solche Eingriffe vielfach, wenn die Zufahrtstrassierung auf vorher aufgelegten Folien erfolgt, die einen direkten Kontakt des eingebrachten Materials mit der ursprünglichen Pflanzendecke verhindern. Als positives Beispiel sei hier der 1980 durchgeführte Bau der Leitung durch die Rothenrainer Moore nordwestlich von Bad Tölz erwähnt (110 kV-Leitung nach Wolfratshausen zur Versorgung der S-Bahn), wo mit solchen Folien im Niedermoorbereich gearbeitet wurde. Nach Rückbau der Wege konnte sich die standortgemäße Vegetation weitestgehend wiederansiedeln.



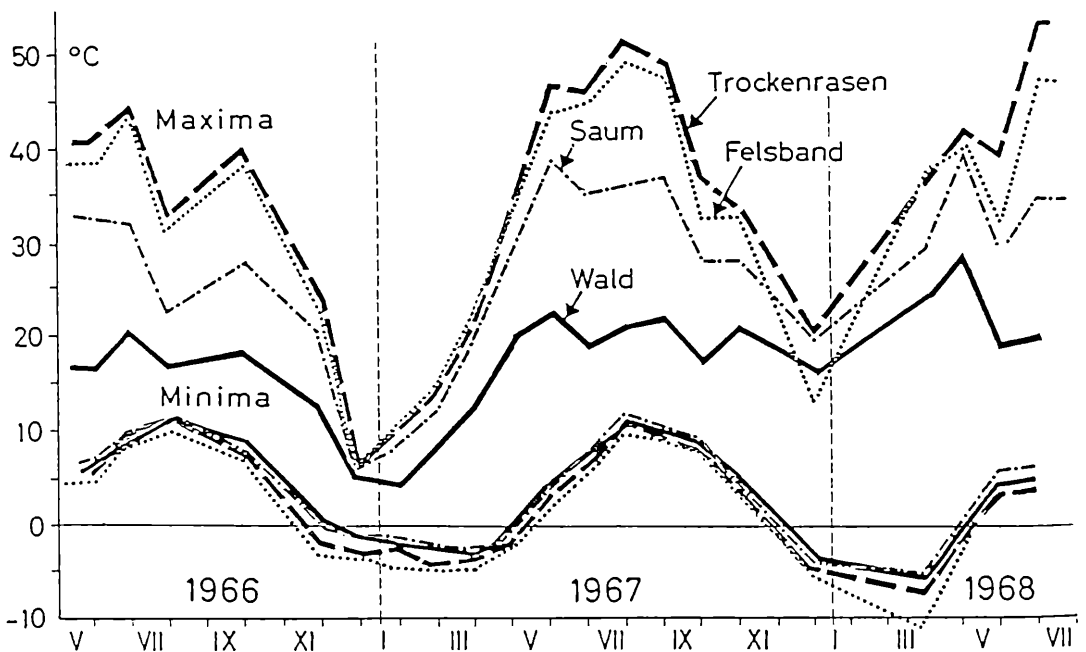
### 3. Geschlossene Lebensräume

Bei Wäldern ist die Zerschneidung durch Leitungstrassen natürlich evident, hier muß man nach den Änderungen der ökologischen Bedingungen fragen. Zum einen betreffen diese Veränderungen die kleinklimatischen Verhältnisse, zum anderen geht es um die Auswirkungen der Zerschneidung geschlossener Bestände auf die Tier- und Pflanzenwelt.

#### 3.1 Änderungen der kleinklimatischen Verhältnisse

Abbildung 1 zeigt anhand der Monatsmittel der Maximal- und Minimaltemperaturen an der Bodenoberfläche, daß sich Waldinneres, Waldsaum und Trockenrasen zu allen Jahreszeiten z.T. sehr deutlich unterscheiden. Der Wald schafft sich sein eigenes Bestandsklima, während der Trockenrasen das Allgemeinklima widerspiegelt. Der krautige Waldsaum steht hinsichtlich der mittleren Extremtemperaturen zwischen Waldesinnerem und Freiland.

Abbildung 1: Monatsmittel der Maximal- und Minimaltemperaturen an der Bodenoberfläche



Quelle: ELLENBERG 1978

Was nun die klimatischen Gradienten im Übergang vom Freiland zum Inneren des Waldes betrifft, erfahren folgende wichtige Faktoren auf kurze Horizontalabstände gravierende Veränderungen:

Faktor	von außen nach innen	
Licht	hell	dunkel
Feuchtigkeit	trocken	feucht
Wind	windig	windstill
Temperatur	warm	kühl

Wir haben also auf engstem Raum ein deutliches Gradientengefälle mit starken Klimaschwankungen im Freiland und Randbereich des Waldes und ziemlich konstanten Verhältnissen im Innern.

Für Pflanzen und Tiere hat das zur Folge, daß diese in Anpassung an die abiotischen Faktoren zu grundsätzlich unterschiedlichen Lebensgemeinschaften zusammentreten: Die Vegetation einer besonnten Freifläche auf einer Leitungstrasse wird sich also fundamental von der Krautflora des angrenzenden Buchenwaldes unterscheiden, die Brutvögel eines Fichtenforstes werden andere sein als die, die im Buschwerk auf der Trasse nisten.

Vor allem dann, wenn eintönige forstliche Monokulturen durchschnitten werden, können Leitungstrassen durchaus Bedeutung erlangen als auflockernde Strukturelemente, die für Besiedler und Bewohner von Übergangsbiotopen Ersatzlebensräume darstellen. Diese Trassen stellen ja meist offene oder strauchreiche Biotope dar, deren Weiterentwicklung (Sukzession) zu waldähnlichen Beständen immer wieder gebremst wird durch das von Zeit zu Zeit notwendige Kurzhalten raschwüchsiger Bäume. Die Mehrschichtigkeit der Vegetation gerade der Randzonen von Waldschneisen drückt sich auch deutlich aus in der Artenvielfalt solcher Bereiche. Ich gebe im folgenden Ergebnisse aus der einzigen naturwissenschaftlichen Untersuchung im Zusammenhang mit Freileitungen wieder, die mir bekannt ist (abgesehen von solchen, die sich mit Problemen des Vogeltodes durch Masten und Drähte befassen). Dr. J. GEPP vom Institut für Umweltwissenschaften und Naturschutz der Österreichischen Akademie der Wissenschaften in Graz hat diese Untersuchungen durchgeführt und sie in einem früheren Seminar der ANL vorgestellt <sup>1)</sup>.

Tabelle 1: Die Artenzahl und Fichtenbindung der Planipennier (Echte Netzflügler) eines Fichtenforstes (etwa 80 Jahre) mit einer Freileitungstrasse gegliedert nach Probenorten (Weinberg, Steiermark, 15 m breit, reicher Strauchwuchs, Klopff- und Kescherproben, 1975-79). Man beachte die Artenfülle der Leitungstrasse (b + c) gegenüber dem Hochwald (a).  
(Nach Original GEPP).

	Echte Netzflügler		
	festgestellte Arten	davon Fichtenbewohner	davon Fichten-Spezialisten
a) Fichten im Hochwald	8	8	5
b) Fichten an Trassenrand	16	11	8
c) Strauchvegetation der Trasse (+ Fichtenanflug)	22	12	6
b) + c)	24	15	8

1) GEPP, J., 1980: Zur ökologischen Beurteilung von Forsttrassen mit Hoch- und Mittelspannungsfreileitungen. In: Freileitungsbau und Belastung der Landschaft, Tagungsbericht 8/80 der ANL, Laufen/Salzach

Ähnliches wurde auch für parasitische Raupenfliegen (Tachinen) festgestellt, von denen viele ausgesprochene "Nützlinge" im Kampf gegen forstliche Schadinsekten sind.

Ein weiteres Beispiel sei hier wiedergegeben, das die Laufkäferfauna betrifft:

	Carabiden (Laufkäfer)	
	Individuen	Artenzahl
Fichtenforst (30 Jahre, dicht)	42	5
Trassenrand (- 5 m)	421	19
Trasse (Strauchschicht und Unterwuchs)	287	14

Wichtig erscheint noch einmal, darauf hinzuweisen, daß diese Untersuchungen an standortfremden Fichtenreinkulturen durchgeführt wurden. Eine generelle ökologische Bereicherung und Erhöhung der Artenvielfalt durch Leitungstrassen läßt sich daraus keineswegs ableiten. Gegenbeispiele stellen hier Trassenführungen durch Feuchtwälder (Auwälder, Bruchwälder, Hochmoor-Randwälder) dar, wo durch die Freistellungen einschneidende Änderungen im Wasserhaushalt bewirkt werden. Höhere Transpirations- und Verdunstungsraten und eine allgemeine Extremisierung der klimatischen Faktoren führen hier zu starken Beeinträchtigungen (Austrocknung!)

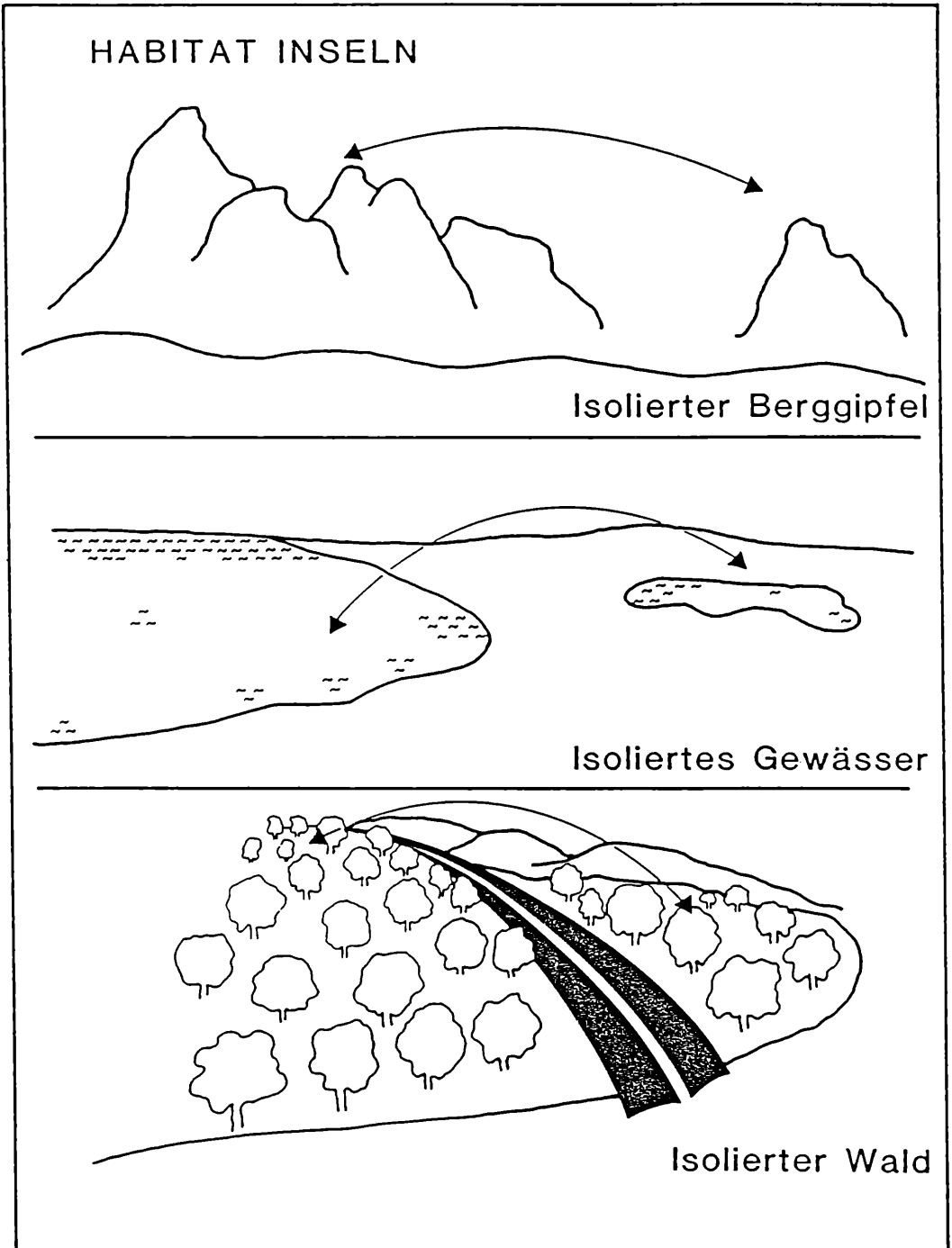
### 3.2 Zerschneidungseffekte

Wir begegnen in unserer Kulturlandschaft zunehmend dem Phänomen der Verinselung und Biotopisolierung als Folge der Zerschneidung und Zerstückelung der Landschaft durch linienartige Infrastrukturmaßnahmen wie Straßen- und Wegebau, Kanalbau oder eben Bau von Leitungstrassen. Eine "Insel"-Situation insbesondere für die Fauna wird dadurch hervorgerufen, daß viele Tiere in ihrem verbliebenen Lebensraum eingeschlossen werden und ihnen ein Überwechseln in einen geeigneten benachbarten Lebensraum erschwert oder unmöglich gemacht wird. Dies gilt prinzipiell auch für Pflanzen: Hier erfolgt in erster Linie eine Einschränkung in ihrer Verbreitung, besonders wenn diese durch Tiere erfolgt.

Abbildung 2 (S. 18) zeigt solche Habitatinseln (= standörtliche Inseln oder Wohnraum-Ghettosituationen), wobei das erste Beispiel natürlichen Ursprungs ist (Isolierung eines Einzelberges in geologischen Zeiträumen),

das zweite sowohl natürlich (ebenfalls in geologischen Zeiträumen infolge Entstehens einer Landbrücke) als auch künstlich sein kann (Abtrennung eines Gewässerabschnittes durch Baumaßnahmen) und das dritte ausschließlich künstlich entstanden ist.

Abbildung 2: Beispiele für Habitatinseln



Entlang einer neu entstandenen Leitungstrasse durch einen ehemals geschlossenen Wald beispielsweise kommt es neben der Isolation von Waldarten auch zu einer Einwanderung fremder Faunen- und Florenelemente, die das plötzlich vorhandene neue Lebensraumangebot nutzen können. Dies sind Arten, die

- a) ihre speziellen Umweltansprüche in den Lebensräumen auf der Trasse erfüllt finden oder
- b) sich in bezug auf geänderte oder hohen Schwankungen unterworfenen Umweltfaktoren invariant verhalten (die also ein breites Anpassungsspektrum aufweisen).

Zur ersten Gruppe gehören spezialisierte Bewohner von Übergangs-Biozöten: Saumarten, trockenheitsresistente Arten. Hier können Trassen durchaus naturschutzrelevante Bedeutung erlangen.

Zur zweiten Gruppe zählen wir die sog. "Allerweltsarten", also Generalisten, die meist weit verbreitet sind und oft in hoher Individuenzahl auftreten (als "Opportunisten", die ressourcenunabhängig die Chance zur Massenvermehrung nutzen können). Vorwiegend sind es auch Arten mit hoher Migrationsfähigkeit (= wanderfreudige Arten) und gezielter Verbreitung über große Entfernungen, z.B. durch flugfähige Samen, die entlang von Trassen vordringen.

Hierzu gehört nicht zuletzt auch der Mensch. Leitungstrassen animieren Freizeittouristen, als Spaziergänger, Pilze- und Beerensammler oder Schitouristen auch entlegene Waldgebiete aufzusuchen, wo sie oft als Störfaktor wirken (Auerwild, Schalenwild). Ein Beispiel dafür ist das in den Berchtesgadener Alpen größtenteils auf österreichischem Gebiet liegende Hagengebirge, eine grandiose und fast unberührte Hochgebirgslandschaft, die nahezu unzugänglich ist; die wenigen Steige wurden größtenteils aufgelassen und sind verfallen. Einzig der Leitungskontrollweg der 220 kV-Leitung von Kaprun im Salzburger Alpenvorland ermöglicht wenngleich offiziell verboten - eine Durchquerung des Gebiets.

#### **4. Zusammenfassung**

Die Durch- oder Überspannung von wertvollen Gebieten wie Auwälder und naturgemäße (Misch)-Wälder ist wegen ihrer ökologischen Vorrangigkeit abzulehnen. Im Falle von Forsten, insbesondere von standortsfremden Fichtenmonokulturen, ist jedoch aus naturschutz-ökologischer Sicht im allgemeinen eine Durchspannung einer Überspannung vorzuziehen. Erstens wird der visuell störende Einfluß der Überspannung gemildert und zweitens erlangen wirtschaftlich ungenutzte Trassen durch großflächige Forste bei gewissen Situationen Ersatzcharakter als Lebensraum für ansonsten zurückgedrängte Tier- und Pflanzenarten. Diese positiven Aspekte sind den bisher bei Kosten-Nutzen-Rechnungen dominierenden forstlichen Schadensansprüchen gegenüberzuhalten" (GEPP 1980).

#### Anschrift des Verfassers:

Dr. Herbert Preiß  
Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege  
Seethaler Straße 6  
D-8229 Laufen a.d. Salzach

## LANDSCHAFTSPFLEGE UND BIOTOPGESTALTUNG AUF FREILEITUNGSTRASSEN

Alfred Ringler

### Einleitung

Das Spannungsfeld zwischen Freileitungsbau und Landschaftspflege/Artenschutz sei vorweg durch ein etwas überzeichnetes Beispiel verdeutlicht: Die ungenutzten Kleinstbiotope, die sich häufig an den Mastfüßen von Mittel- und Hochspannungsleitungen ausbilden, können in einer ausgeräumten Ackerlandschaft durchaus willkommen sein. Sollen diese "Rain-Ersatzbiotope" aber ausreichend häufig sein, so wäre ein sehr dichtes und vernetztes Hochspannungsnetz zu fordern. Ein derartiger "Mastenwald" mit einem entsprechenden Drahtleitungsgewirr wäre andererseits visuell unerträglich und würde die Vogelverluste stark erhöhen. Allein 1984 verendeten in Bayern 14 Weißstörche an Freileitungen bei einer Brutpaar-Gesamtzahl von 69 (SCHREINER, in diesem Band).

Was also hat Vorrang: Vermeidung der optischen Belastung der Landschaft und der Gefährdung höherfliegender Vögel oder leichte Habitatverbesserung für Rebhuhn und Hase?\*

Das Beispiel zeigt zweierlei:

es gibt nicht nur ökologische Contra-, sondern auch Pro-Argumente für Freileitungen, wenn diese bestimmte Voraussetzungen erfüllen

aufgrund unauflösbarer Konflikte werden sich die "Geister" verschiedener landschaftspflegerischer Disziplinen stets "scheiden".

110 380 kV-Leitungen sind wegen der vorläufig noch sehr eingeschränkten Verkabelbarkeit aus unserem hochindustrialisierten und energie-intensiven Land nicht wegzudenken. Neue Leitungen werden weiter das vorhandene Netz ergänzen. Wie beim Fernstraßenbau werden auch künftig Umweltgesichtspunkte nicht über eine Trasse an sich, sondern nur über deren örtlichen Verlauf entscheiden. Freileitungen durchschneiden bzw. überspannen stadtnahe Erholungswälder und idyllische Täler ebenso wie hochbedeutsame Auwälder oder einzelne Naturschutzgebiete (z.B. die NSG Eggstätt-Hemhofer Seenplatte und Arnspitze). Von etwa 800, vom Verfasser standpunktgleich mit 20 - 50 Jahre alten Fotos nachfotografierten Landschaftsausschnitten sind über 1/5 inzwischen von Freileitungen durchzogen.

Auch der Bewertungshokuspokus mancher "Umweltverträglichkeitsstudien" kann keine völlig umweltneutralen Trassenvarianten "hervorzaubern".

Gegenstand dieses Beitrags ist jedoch nicht die Konfliktdarstellung, sondern das Aufzeigen von Zielen und Möglichkeiten für eine landschaftspflegerisch vorteilhafte Um- bzw. Neugestaltung von Freileitungstrassen. Voraussetzung hierfür ist ein Abriß der ökologischen und räumlichen Grundlagen zum bestehenden Leitungsnetz.

---

\* Die Beeinträchtigung landwirtschaftlicher Belange ist nicht Gegenstand des Beitrages

## Gliederung

1. *Ökologische Grundlagen von Freileitungstrassen*
  - 1.1 *Abiotische Charakterisierung*
  - 1.2 *Charakterisierung aus der Sicht von Arten und Lebensgemeinschaften*
2. *Flächenumfang und Netzstruktur des derzeitigen Leitungsnetzes (Gestaltungsreserven)*
3. *Betroffene Biotoptypen*
4. *Konzept für die Biotoptoptimierung auf vorhandenen Trassen*
  - 4.1 *Auswahl von Trassenabschnitten mit befriedigender Sukzession (keine Maßnahmen erforderlich)*
  - 4.2 *Umgestaltung der Mastfußbiotope im Freiland*
  - 4.3 *Umgestaltung der Waldschneisen*
5. *Nachbemerkung*

## I. Ökologische Grundlagen von Freileitungstrassen

### 1.1 Abiotische Charakterisierung

#### 1.1.1 Trassen in der offenen Flur

Masten kommen im allgemeinen mitten in die Parzelle zu liegen. Um die 4 Betonsockel entwickelt sich eine quadratische Ruhezone von einigen Metern Durchmesser, in der keine landwirtschaftlichen Eingriffe mehr stattfinden. Abgesehen von der mikroklimatischen Veränderung durch Hochgras- und Staudenbestände hebt sich die technogene "Ökozelle" nicht weiter vom umgebenden Agrarklima ab. Sie bietet etwa die Lebensraumstruktur eines Feldrains. Möglicherweise führen hohe Gittermasten zu einer leichten Regenkonzentration durch Abfangen des Schlagregens und Traufwirkung an den Stützenfundamenten.

#### 1.1.2 Trassen durch Wälder

Freileitungen durch Wälder erzeugen einen eigenständigen Biotoptyp, den man häufig als *Dauer Kahlschlag* bezeichnen könnte.

2-5 Jahre lang entsprechen die Trassenaufhiebe einem normalen Kahlschlag, doch dann scheiden sich die Wege: Der Kahlschlag kehrt über einen natürlichen Vorwald oder eine Aufforstung wieder zum Ausgangszustand zurück (vgl. BORMANN & LIKENS 1979), der Trassenschlag wird jedoch offen oder zumindest in einem niederwaldartigen Zustand gehalten, solange die Hochspannungsleitung besteht.\* Durch Abhacken, u.U. auch Herbizideinsatz wird das Waldökosystem künstlich im Pionier- bzw. Vorwaldstadium gehalten. Das katastrophenartig veränderte Niveau wichtiger Standortfaktoren nähert sich im Gegensatz zum forstlichen Kahlschlag nur geringfügig dem Ausgangsniveau an. M.W. fehlen umfassende ökologische Untersuchungen auf Leitungstrassen, so daß wir uns auf plausible Ableitungen aufgrund von Kahlschlaguntersuchungen beschränken müssen.

---

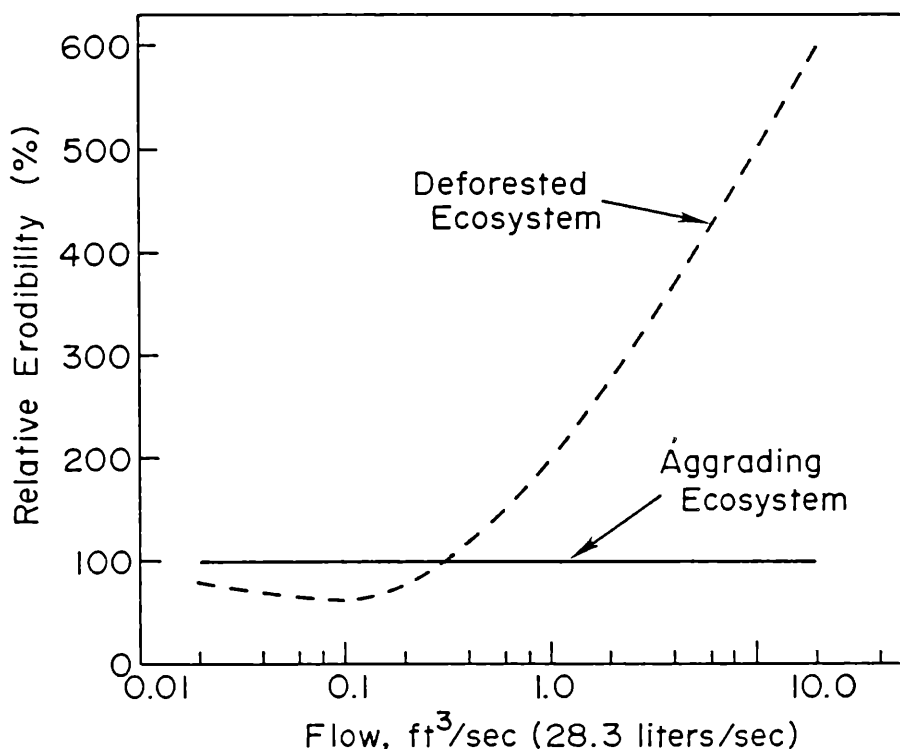
\* Sicherheitsabstand der Vegetationsoberfläche zum Wendepunkt der Leiterseile: mindestens ca. 6 m



1.1.2.1 Stoffvorräte, Nährstoffniveau

Entfall der Interzeption (Kronenrückhaltung des Niederschlags), verringerte Gesamtverdunstung, Bodenvernässung, verringerte Oberflächenrauigkeit, Zerkrümelung der Streulage durch Wind- und Regenangriff und Austrocknung, Entfall der Wurzelsickerbahnen und andere Faktoren erhöhen die Erodierbarkeit der Schlagfläche in Abhängigkeit zum Oberflächenabfluß.

Abb. 1: Erodibilitätszunahme durch Entwaldung in Abhängigkeit vom Oberflächenabfluß in einem montanen Hartholz-Laubwaldgebiet (Hubbard Brook) (nach BORMANN et al. 1974)



Sowohl nordamerikanische als auch schweizer Kahlschlagexperimente zeigten, daß das Waldbodenökosystem bis etwa 22 Monate nach dem Hieb dem Abtrag von mineralischer und organischer Masse weitgehend widersteht; anschließend stieg der Bodenabtrag allerdings auf das 16 fache der ungestörten Vergleichsfläche, bis die allmähliche Wiederbewachsung den Austrag rasch abschwächte (Abb. 2). Auch der Abbau der Nährelementvorräte lag nach etwa 6 Jahren nur mehr wenig über der Abbaurrate nicht entwaldeter Vergleichsstandorte. Der Austrag von Nitrat, Kalium und Calcium setzte aber im Unterschied zu den absetzbaren Bodenteilchen bereits sofort nach Freilegung ein.

Den Elementaustrag 0,5 bis 1,5 Jahre nach dem Kahlhieb quantifiziert die nachstehende Tabelle (S. 23) ebenfalls aus BORMANN & LIKENS (1979). W 2 ist der Versuchskahlschlag, W 6 die nicht entwaldete Nullprobe. Hervorzuheben ist bei diesen Experimenten, daß der Austragsrückgang im dritten Jahr nach der Entwaldung offensichtlich bereits eine Erschöpfung der leicht verfügbaren bzw. mineralisierbaren Bodenvorräte anzeigt. Allerdings handelt es sich dabei um austauscherarme und flachgründige Gneisverwitterungsböden.

Abb. 2: Nährelement- und Sedimentaustausch in der Vorflut eines Kahlschlags (strichliert, Kreise) und eines 60jähr. Hartholzlaubwaldes (nach LIKENS et al. 1978 aus: BORMANN et al. 1979)

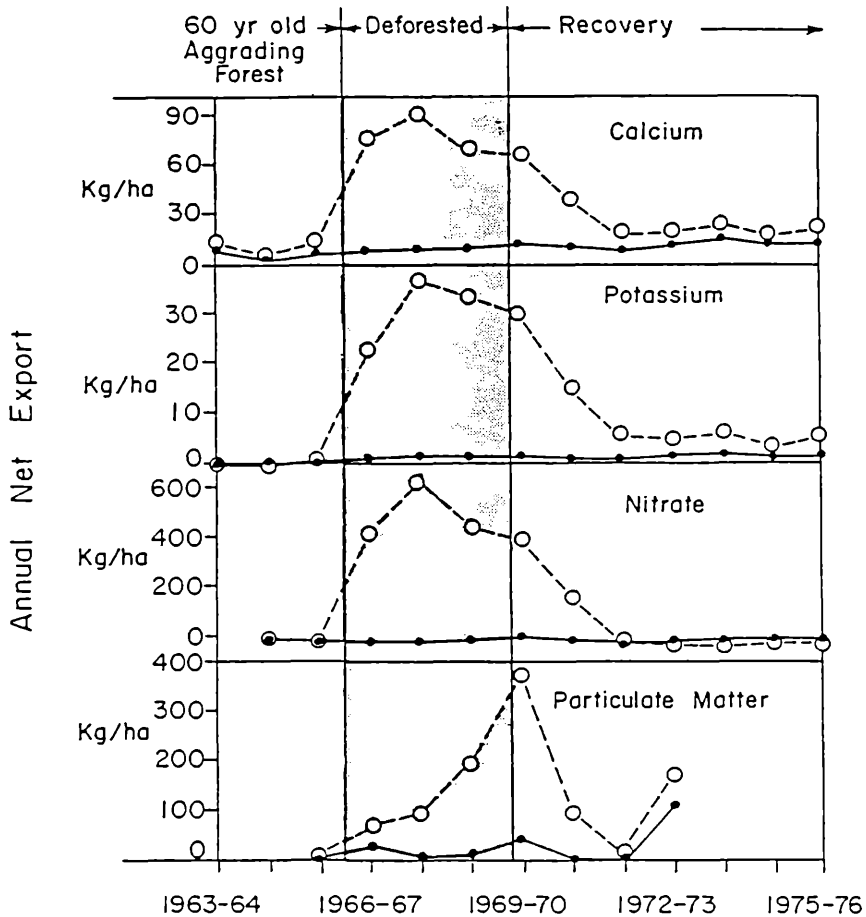
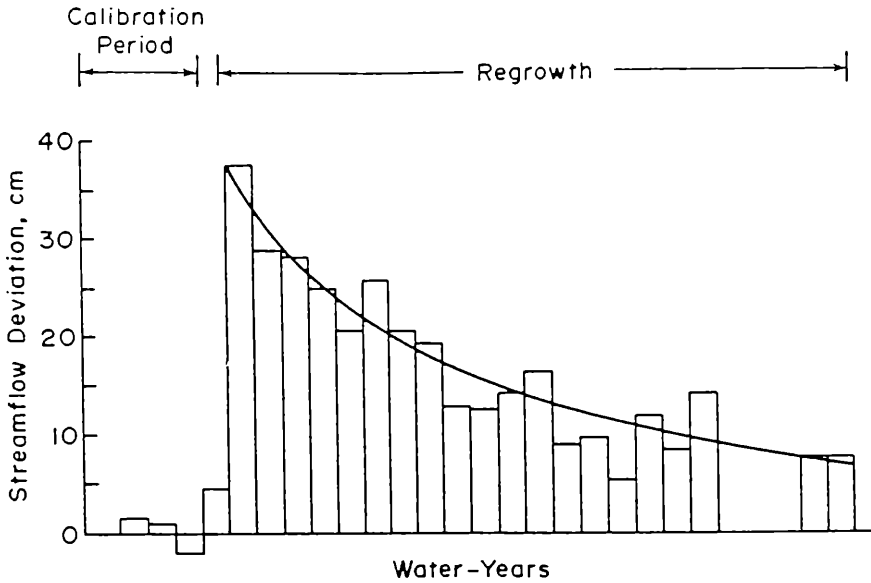


Tabelle 1 zu Seite 22:

Net Loss or Gain (kg/ha)

Element	W6	W2
Ca	-9.0	-77.7
Mg	-2.6	-15.6
K	-1.5	-30.3
Na	-6.1	-15.4
Al	-3.0	-21.1
NH <sub>4</sub> -N	+2.2	+1.6
NO <sub>3</sub> -N	+2.3	-114.1
SO <sub>4</sub> -S	-4.1	-2.8
Cl	+1.2	-1.7
HCO <sub>3</sub> -C	-0.4	-0.1
SiO <sub>2</sub> -Si	-15.9	-30.6
Total	-36.9	-307.8

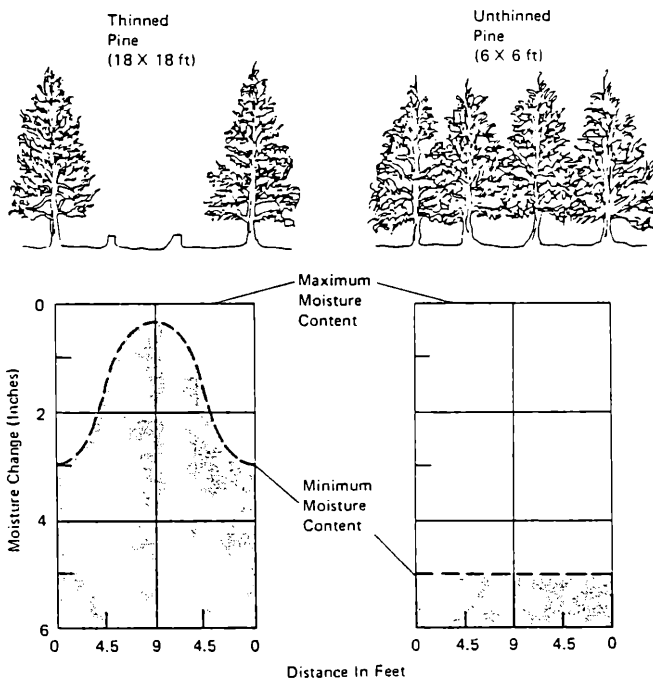
Abb. 3: Abflußreduktion im Zuge des Zuwachsens eines Kahlschlages im Coweeta District/North Carolina. (Nulllinie: Abflußsummen des ungestörten Bestandes) (nach HIBBERT 1967)



In verschiedenen Testgebieten dauerte es 10 bis über 23 Jahre, bis das Abflußregime der ehemaligen Schlagfläche das ursprüngliche Niveau erreicht hatte. Nicht nur höhere Abflußsummen und Abflußspitzen, sondern auch eine allgemeine Bodenvernässung kennzeichnen Kahlschläge und mehr noch Dauer-Kahlschläge. Das verringerte Speichervolumen begünstigt natürlich wiederum die Oberflächenvernässung.

Abbildung 4 unterstreicht, daß bereits kleinere Bestandeslücken wie z.B. Niederspannungsschneisen die Bodenfeuchte deutlich anheben können.

Abb. 4: Bodenfeuchtevergleich aufgelichteter und geschlossener Kiefernbestände (nach DOUGLASS 1967)



Für die Gestaltung von Energietrassen bleibt festzuhalten:

In der Hangfalllinie können Trassenschneisen der Oberflächenabspülung und der Eintiefung von Erosionsgräben Vorschub leisten.

Der generell höhere Anfall von Oberflächenwasser begünstigt auf Flachstandorten die Versumpfung und Vermoorung. Dabei trägt die dicke Nadelstreu jener Bäume, deren Pumpwirkung durch den Trassenkahlschlag entfallen ist, zur Abdichtung des Waldbodens bei.

Unebenheiten füllen sich rascher mit Wasser. Pfützen und Tümpel erwärmen sich stärker als unter Wald. Verdichtete Großfahrzeugspuren schaffen zusätzliche Kleinstgewässer.

Wird auf dem normalen Kahlhieb die Austragskurve durch immer dichteren Aufwuchs rasch flacher, so schreitet die Bodenverarmung auf dem Dauerkahl Schlag wohl nicht ganz unvermindert, aber doch kontinuierlich fort. Wird eine einigermaßen geschlossene Bodenvegetation geduldet, so kommt nach weitgehendem Verlust der verfügbaren Nährstoffvorräte wenigstens die Bodenausspülung und -abwehung zum Stillstand. Bei anhaltendem Herbizideinsatz nimmt jedoch auch der organisch fixierte Elementvorrat weiter ab. Die rasche Verminderung der Humusvorräte wird im kontinental getönten Schneisenklima bei ungenügender Vegetationsabdeckung nicht durch Detritusneubildung ausgeglichen.

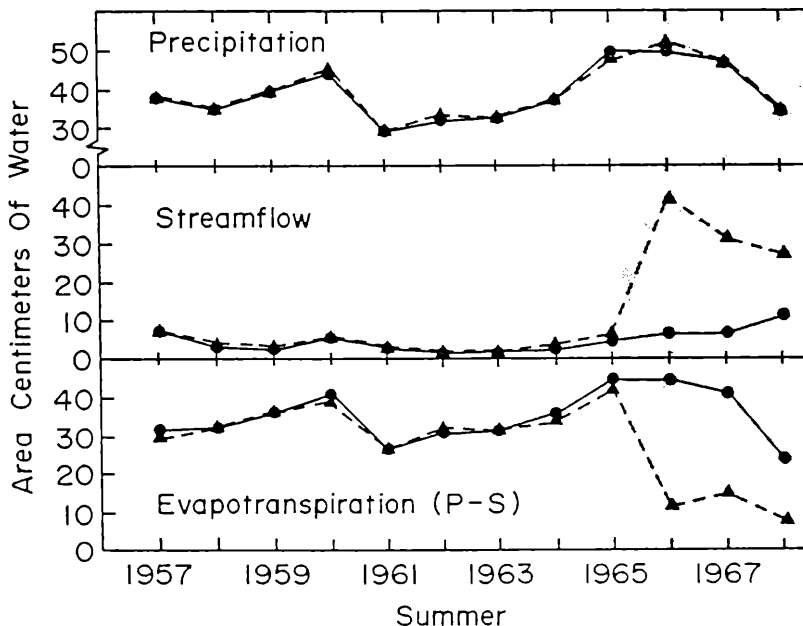
Die geschilderte Aushagerung wird zwar das Entsetzen jedes richtigen Forstmannes erregen, hat aber aus gesamtökologischer Sicht auch positive Aspekte und ist ein Ansatzpunkt für die Förderung magerrasenartiger Pflanzenbestände auf der Trasse (siehe Umgestaltungskonzept).

### 1.1.2.2 Wasserhaushalt

Abb. 3 veranschaulicht die Abflußdämpfung durch allmähliches Wiederbewachsen der Schlagfläche. Auf Energietrassen bleibt jedoch die Unausgeglichenheit der Wasserbilanz weitgehend erhalten.

Abb. 5 weist nach, daß die Evapotranspiration nach dem Einschlag drastisch absinkt und entsprechend der Oberflächen- (Gerinne-)Abfluß (bzw. die Staunässe) zunimmt.

Abb. 5: Wasserbilanzglieder (Sommermonate) vor und nach dem Kahl Schlag auf der Schlagfläche (strichliert, schwarze Dreiecke) u. der ungestörten Vergleichsfläche (durchgezogen, Punkte) grau: Entwaldungsperiode (nach BORMANN & LIKENS 1979)

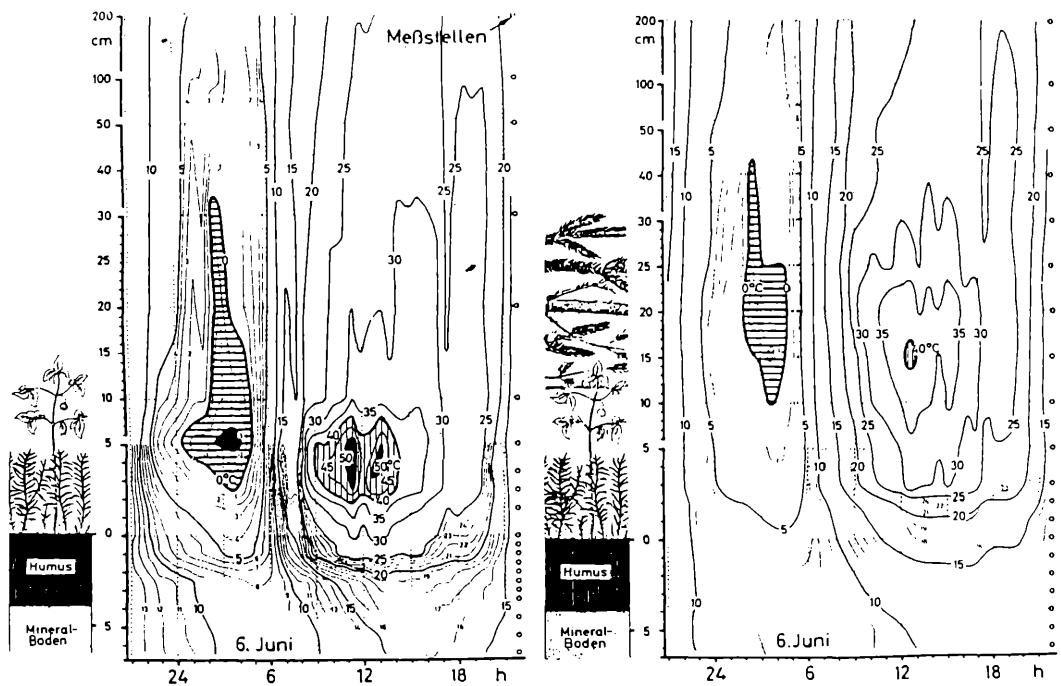


### 1.1.2.3 Trassenklima

Leitungstrassen und Straßen sind quasi endlose Bänder, die nur vor dem Relief "Respekt zeigen", auf gliedernde Bewuchselemente aber kaum Rücksicht nehmen können. Sie durchbrechen Wälder und schaffen neue Windkanäle. Düsenartige Windbeschleunigung bedroht die ungeschützten Randbäume mit Windwurf und -bruch. Schneeanhäufung in eingemuldeten Schneisenabschnitten einerseits, Schneestrahlebläse und Freiwegung auf erhabenen Abschnitten andererseits bedingen extreme Kleinstandorte, die im ungeöffneten Wald nicht vorkommen. Die Winddüsenwirkung macht sich auf lockeren Sandböden mit geringer organischer Auflage durch Abwehung und Umlagerung bemerkbar. In den Flugsandgebieten des mittelfränkischen Beckens und des Oberrheintales sind Ansätze zu dünenartiger Umlagerung erkennbar. Das "Sandstrahlgebläse" begünstigt die Ausbreitung von Silbergrasfluren. Auf bindigeren Böden kann der Windangriff zumindest die nunmehr oberflächlich austrocknenden und zerbröselnden Rohhumusdecken erfassen und die Wassererosion bei der Freilegung des Unterbodens unterstützen.

Schneisen erzeugen infolge stark erhöhter Wärmeausstrahlung Kaltluft, sammeln diese schlauchartig in ebenem bis leicht hügeligem Gelände (Abb. 6) und leiten Kaltluftmassen in andere Gebiete ab, insbesondere bei Schneisen in der Hangfalllinie. Kälteseen auf Leitungstrassen können 10° kälter als der umgebende Waldbestand sein (ADAM 1985).

Abb. 6: Temperaturregime auf Fichtenkahlschlägen  
(aus ELLENBERG 1978)



Wie extrem „kontinental“ das Klima auf einem Kahlschlag im Fichtenwald sein kann, zeigen die Isothermen eines klaren Sommertags nach genauen Temperatur-Registrierungen in Süd-Norwegen. Bedeckung mit Fichtenzweigen (rechts) mildert die Temperatur-Extreme und schafft in Bodennähe ein weniger kontinental getöntes und eher waldähnliches Klima, das für den Jungwuchs der Bäume günstiger ist. Nach BJÖR (1972), verändert.

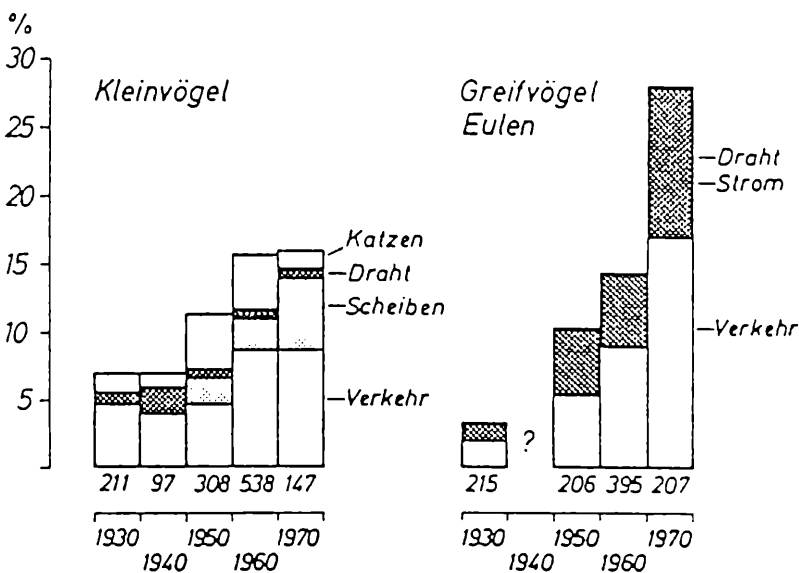
Der Höhenmaßstab ist logarithmisch und umfaßt Meßstellen von 2 m über dem Boden bis 7 cm im Boden. Die Bereiche unter 0°C sind waagrecht schraffiert, unter -3°C geschwärzt. Bereiche über 40° sind durch senkrechte Schraffen, über 50° durch Schwärzung hervorgehoben. Im Laufe eines Tages kann es auf dem Kahlschlag in Bodennähe kurz vor Sonnenaufgang scharf frieren, um die Mittagszeit dagegen wüstenhaft heiß werden. (Derart extreme Schwankungen beobachtet man nur auf großen, windgeschützten Kahlschlägen in ebener Lage. In kleinen Lichtungen, z. B. in „Lochhieben“, verhindert die Horizontabschirmung allzustarke Aus- und Einstrahlung.)

## 1.2 Charakterisierung aus der Sicht von Arten und Lebensgemeinschaften

### 1.2.1 Trassen in der offenen Flur

Vor allem in räumlicher Zuordnung zu Rainen, Hecken und Altgrasfluren können die Mastenfußbiotope für Kleinsäuger und Wirbellose Bedeutung erlangen. Masten der Nieder- und Mittelspannungsmasten ersetzen als Ansetzorten für Greifvögel z.T. die verschwundenen Flurbäume. Damit beeinflussen sie indirekt die räumliche Populationsstruktur von Beutetieren. Gravierender dürfte aber das Vogel-Gefahrenpotential der Mittel- und Hochspannungsleitungen einzuschätzen sein (vgl. u.a. ANL 1980 und Abb. 7). Kollisionen mit den Drähten, Verbrennungen und Stromüberschläge zwischen Drähten und Traversen können gebietsweise vor allem für seltene Großvögel einen populationsdynamisch wirksamen Faktor darstellen. RENSSEN (1977) schätzt die Vogel-Drahtopfer in den Niederlanden auf 0,6 1 Million/Jahr. 14 % der Löffler-Ringfunde und 9,8 % der Purpurreiher sind Drahtopfer. Auch beim Weißstorch und zumindest in einigen Ländern beim Uhu sind Stromleitungsverluste ein Hauptgefährdungsfaktor. Auf die Todesrate einzelner Freileitungsabschnitte wirkt sich sicherlich die Zuordnung zu Vogelzugstraßen und Brutkolonien aus. Tragischerweise deckt sich der Jagdraum vieler Uhreviere mit freileitungsdurchzogenen engen Talräumen im Jura und in den Alpen.

Abb. 7: Beitrag der Drahtverluste zu Totfunden deutscher Ringvögel (aus BEZZEL 1982)



Von Menschen verursachte Todesfälle deutscher Ringvögel, ausgedrückt in % der als nicht erbeutet, erlegt usw. gemeldeten Totfunde in Europa. Die Angaben, für jeweils eine Reihe von Arten den Ringfundlisten der Zeitschrift *Auspicium* entnommen, beruhen auf sehr heterogenem Material und sind vor allem für das letzte Jahrzehnt noch nicht vollständig. Sie können daher lediglich einen Trend andeuten, der an exaktem Material statistisch zu prüfen ist. Zahlen unter den Säulen Zahl der ausgewerteten Ringfunde.

Eine gewisse "Entschädigung" leisten insbesondere kleinere Freileitungen als frühherbstliche Sammelpunkte für abziehende Singvögel. Mit den ehemals sehr zahlreichen und für Vögel ungefährlichen Telegraphenleitungen verschwinden aber auch die "schnatternden Perlenketten" der Stare, Rauchschwalben usw.

Tabelle 2: Verluste flügger Uhus (Wildpopulation) in Prozent der bekannten Todesursachen (nach OBST, STICH & WICKL 1977, GÖRNER 1973, KNOBLOCH 1979, HALLER 1978) aus BEZZEL (1981)

	Bayern 1960-1976	Graubünden	DDR 1948-1972	Thüringen 1900-1959
n	174	47	109	211
Ursache bekannt	133	35	71	73
Drahtopfer	35	46	46	50,7
Verkehrsoffer	13	37	3	
Abschuß, Fang	33	14	19	49,3
Vergiftung	6			
krank, schwach	4,5		10	

### 1.2.2 Leitungsschneisen im Wald

Der Lebensraum Leitungsschneise im Wald läßt sich zusammenfassend folgendermaßen charakterisieren:

Kontinentales Kleinklima mit großen Temperatur- und oberflächennahen Feuchteschwankungen im Tages- und Jahresrhythmus

Hohe Windzügigkeit (Diasporetransport, Ausfransen des Randwaldes)

Verändertes Licht-, Wärme- und Feuchtigkeitsregime auch im angrenzenden Waldbestand (kein schützender Waldmantel)

Entstehung ephemerer bis periodischer Wasseransammlungen und Ver-nässungen (Pumpwirkung der Bäume entfällt)

Aushagerung bzw. Ausmagerung (Abbau der Humus- und Nährstoffvorräte), Annäherung an Rohboden-Pionierstadien

Mikroreliefbildung und Verdichtung durch Großgeräteinsatz

Entstehung üppiger Schlagfluren zumindest solange die verfügbaren Nährstoffvorräte nicht aufgebraucht sind (2-4 Jahre)

Isolationseffekte für schatten- und dauerfeuchtigkeitsgebundene oberflächengebende sowie Bodentiere

mögliche Wander- und Verbreitungsstraße zwischen bisher durch Waldbarrieren getrennten Insellebensräumen

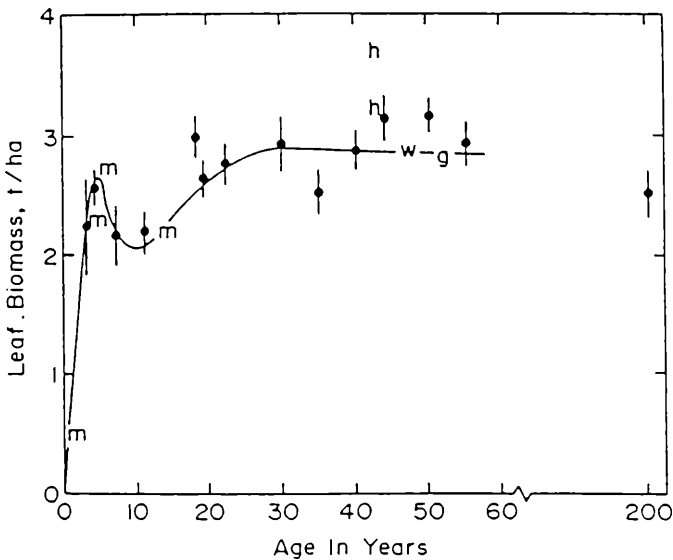
Nutzbarer Raum, aber auch Gefährdungspotential für Vogelarten, die auf Waldschneisen balzen oder jagen (z.B. Waldschnepe, Ziegenmelker, Waldwasserläufer).

Beschränkt sich die Trassenpflege auf die Beseitigung höherer Gehölze, so setzt unmittelbar nach dem Kahlschlag eine rasche Wiederbegrünung ein, die man mit Ergebnissen aus experimentellen Kahlschlägen beschreiben kann:



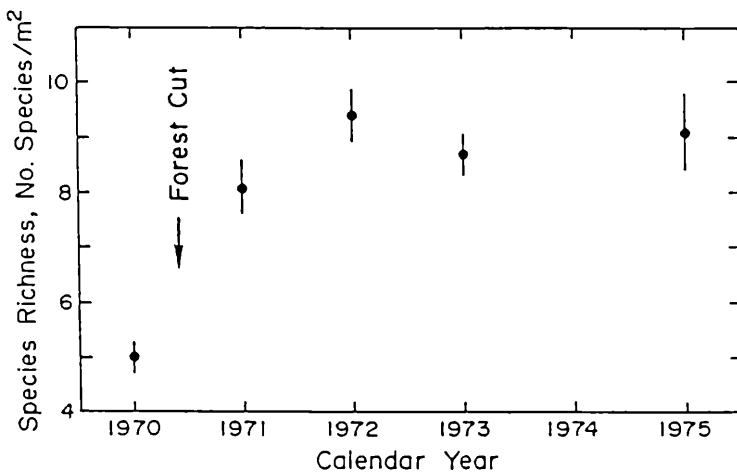
Die Blattbiomasse erreicht bereits nach 4 Jahren nahezu den Endwert des Altbestandes, sinkt aber nach der ersten Blüte der Schlagflora in ein "Wellental" und klettert erst nach über 30 Jahren auf das Endniveau.

Abb. 8: Blattbiomasse einer Kahlschlagsukzession im nördlichen Hartholzgebiet der USA  
(nach verschiedenen Daten zusammengestellt von BORMANN & LIKENS 1979)



Der Pflanzenartenreichtum steigert sich nach dem Kahlhieb zu einem Höhepunkt nach 2 Jahren und sinkt dann wieder etwas ab (Abb. 9).

Abb. 9: Artenzahlentwicklung der Gefäßpflanzenflora auf einem Kahlschlag  
(nach BORMANN & LIKENS 1979)



Species richness based on individuals rooted in 1-m<sup>2</sup> plots in a 60-yr-old northern hardwood forest in 1970 and in subsequent years after clear-cutting. Means for each year are based on 19 to 22 randomly distributed plots. The range shown is the standard error of the mean (S. BICKNELL, F.H. BORMANN, and P. MARKS, unpublished data).

Pro Quadratmeter warten sogar in einem relativ artenarmen Heidelbeer-Fichtenwald 1 300 – 5 000 keimfähige Samen großenteils von Arten der Schlagfluren auf ihre Stunde (KARPOW nach ELLENBERG 1978). Der Samenvorrat enthält aber auch Arten ganz andersartiger Standorte wie z.B. Schilf und Rohrkolben. Nach Öffnung des Waldkleides entfaltet sich dieser vielfältige Vorrat schlagartig. Er ist in der Lage, nicht nur klassische Schlagfluren auf Rohhumusdecken, sondern auch offene Pionierstandorte, Naßstandorte und Magerrasenstandorte sofort "zu besetzen", zumal in den neugeschaffenen Windschneisen mit einem zusätzlichen Samenregen wind- und vogelverbreiteter Arten aus weiter entfernten Biotopen gerechnet werden kann. Dieses Potential läßt sich nur ausschöpfen, wenn man sich bei der Trassengestaltung nicht auf das Ausschlagen des Grobholzes beschränkt, sondern die verschiedenen Teilstandorte einer Trasse ganz unterschiedlich herrichtet (siehe Umgestaltungskonzept).

Zur tierökologischen Relevanz von Leitungsschneisen können an dieser Stelle nur wenige Hinweise gegeben werden. GEPP (1980) ermittelte mit der Barberfallen-Methode im Bereich einer 20 m breiten steirischen Mittelspannungsschneise in Ost-West-Richtung folgende Laufkäfermengen:

Tabelle 3:

	Carabiden (Laufkäfer)	
	Individuen pro 5 Barberfallen	Artenzahl
30-jähr., dichter Fichtenforst	42	5
Trassenrand	421	19
Trasse mit Sträuchern und Unterwuchs	287	14

Die Besiedlung von Vogelnistkästen im 1. Jahr nach dem Aushängen im Bereich einer 50 m breiten ostwestlichen Mittelspannungsschneise zeigte ebenfalls den erwarteten Randeffekt (GEPP 1980):

Tabelle 4:

je 100 Nistkästen	mit x Brutten je Nistkasten			Summe der Brutten 1-3	besiedelte Kästen (%)
	1	2	3		
geschlossener Fi-Hochwald	3	0	0	3	3 %
Schneisenrand	38	6	1	53	45 %

Auch die forstlich wenig beeinflussten Vorwaldstadien nur extensiv unterhaltener Schneisen heben sich dann durch höhere Singvogelabundanzen heraus, wenn der durchschnittene Wald eine ungünstige Habitatstruktur und entsprechend geringe Vogeldichte aufweist. In entsprechenden Naturräumen ist sogar eine Präferenz bzw. Mit-Nutzung von Leitungsschneisen

durch gefährdete "Lichtungsbrüter" bzw. "Lichtungsbalzer" wie z.B. Ziegenmelker und Waldschnepfe denkbar. Beerenreicher Gehölzaufwuchs (entweder auf der gesamten Trasse oder am Schneisenrad) könnte als Leitlinie für umherziehende Kleinvogelschwärme dienen. Das Auftreten an Extrem- und Pionierstandorte gebundener, z.T. seltener Arthropoden wird wahrscheinlicher, wenn neben den Rohhumus- und Nadelstreuauflagen der Schlagfläche auch grasige und o f f e n e humusfreie Stellen existieren. Grundsätzlich fördert der Schneisenschlag die habitatdifferenzierende Wirkung des Kleinreliefs und des Bodenmosaiks. Die Artenzahl ist allerdings kein Kriterium für die Bewertung von Trasseneingriffen wie in anderen Ökosystemen auch.

Aus tierökologischer Sicht ist ein Vergleich der vor- und niederwaldartigen Bestockungsformen auf der Trasse mit dem benachbarten Hochwald bedeutsam. Nach HEYDEMANN (1982) ist davon auszugehen, daß der Tierartenreichtum in Niederwäldern und Vorwäldern deutlich höher als im Hochwald ist. Dies liegt vermutlich daran, daß

das Aufwandern von Tieren in die Kronenschicht eine relativ größere Gefahr darstellt als der bodennahe Aufenthalt an derselben Baumart, also an den unteren Zweigen;

Wirbellose bei Stürmen in großer Anzahl auf den Boden geworfen werden und dann im Hochwald zu lange von ihren Nahrungssubstraten im Kronenraum getrennt bleiben müssen;

die auf dem Trassenraum aufkommenden Lichtholzarten stärker von Tieren besiedelt werden als Schattholzarten;

daß Vorwald- und Saumgehölze eine höhere Anzahl darauf spezialisierter Tierarten tragen (allein die 3 auf Schneisen häufigsten Arten/Gattungen Birke, Espe und Weide besitzen eine Fauna von etwa 500 Arten).

## **2. Flächenumfang und Netzstruktur des derzeitigen Leitungsnetzes (Gestaltungsreserven)**

Nach LOSCH et al. (1984) unterliegen in der Bundesrepublik Deutschland rd. 222 500 ha einer Nutzungsbeschränkung durch überörtliche Hochspannungsleitungen: Mit 490 632 km Freileitungen (Stand 1981) hat die Bundesrepublik eines der dichtesten Netze der Welt. Bis über 80 m hohe Hoch- und Höchstspannungsmasten markieren Schutzstreifen, die in der Regel auf 60 - 90 m Breite von Bäumen, höheren Sträuchern und größeren Bauten freigehalten werden müssen. Schon bei 110 kV-Leitungen werden 50 - 70 m breite Schneisen nötig.

Nimmt man bei rd. 1/5 aller Trassen Walddurchschneidung an – zumindest bei kleinteiligem Waldmosaik wird den Wäldern möglichst ausgewichen – so bedeckt der Biotoptyp "Dauervorwald" bzw. "Dauerkahlschlag" bei einer angenommenen mittleren Schneisenbreite von 50 m größenordnungsmäßig eine Fläche von 5 000 km<sup>2</sup>. Dies ist ein Vielfaches der meisten naturnahen Biotoptypen der Bundesrepublik. Nur wenige naturbetonte Ökosystemtypen wie z.B. naturnahe Laubwälder können mit ähnlich hohen oder höheren Flächenanteilen aufwarten.

Energietrassen erschließen alle wirtschaftlich bedeutenden Regionen und durchschneiden daher praktisch alle wichtigen Naturräume und Kulturlandschaftstypen. Sie ziehen über geologische Grenzen, über Grenzen natürlicher Waldgesellschaften, über Geländeunebenheiten und -sprünge mit ausgeprägten Bodenunterschieden hinweg. Freigeschlagene Leitungsbänder

haben Anschluß an Offenlandbiotope verschiedenster Art. Kleinbiotope auf Sonderstandorten unter 50 - 100 m Durchmesser wie z.B. Walddolinen, Hülben, Waldteiche, Kleinmoore und Felshöcker können ihres schützenden Waldmantels beraubt werden, wenn sie im Leitungsverlauf liegen.

In seltenen Fällen können Trassenkahlschläge auch sekundäre Waldbestände öffnen, die ursprüngliche, offene oder nur licht bestockte Vegetationstypen unterdrückt haben, z.B. überforstete Binnendünen- und Flugsandfelder, von Fichtenaufforstungen eingeengte Quellfluren.

Die Trassenverdichtung in den raumordnerischen "Entwicklungsachsen" und in Ballungsgebieten bewirkt eine überdurchschnittlich starke Beanspruchung bestimmter Waldgesellschaften, insbesondere der Auen.

Abb. 10 (S. 33) veranschaulicht und bilanziert das Ausmaß der durch Leitungsschneisen entstandenen künstlichen Bestandesränder im Nürnberger Reichswald, die hier die halbe Gesamtlänge sämtlicher Waldaußenränder ausmachen.

### 3. Betroffene Biotoptypen

Auf der Anfahrt zum Laufener Seminar am 6.3.1986 registrierten wir die von der Autobahn München-Salzburg und der Bundesstraße Reichenhall-Laufen aus bei rascher Fahrt ermittelbaren Freileitungen und ordneten sie den durchschnittlichen Biotoptypen zu\*. Die Ergebnisse sind in Tabelle 5 zusammengestellt:

Biotoptypen	Fahrtstrecke München - Freilassing - Laufen		
	Gesamtzahl der Durchschneidungen	Gesamtzahl der Aufhiebe breiter als 50 m	Leitungstyp
Eichen-Heinb-Wald	1		NSp
Hart- und Weichholzaunen	14	2	NSp 3 MSp 7 HSp 4
Schluchtwald	1		HSp
sonstige Wälder	2		HSp MSp
Baumhecken/Hage	2		NSp MSp
Bi-Ki-Moorwald	1	1	MSp
Niedermoor/Streuwiesen	5		NSp 1 MSp 3 HSp 1
Feuchtwiesen	6		NSp 1 MSp 3 HSp 2
Sonstiges Grünland/Acker	25		NSp 7 MSp 12 HSp 6

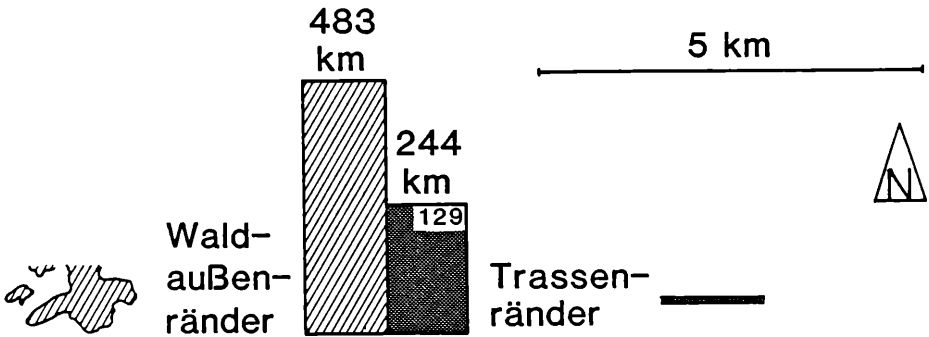
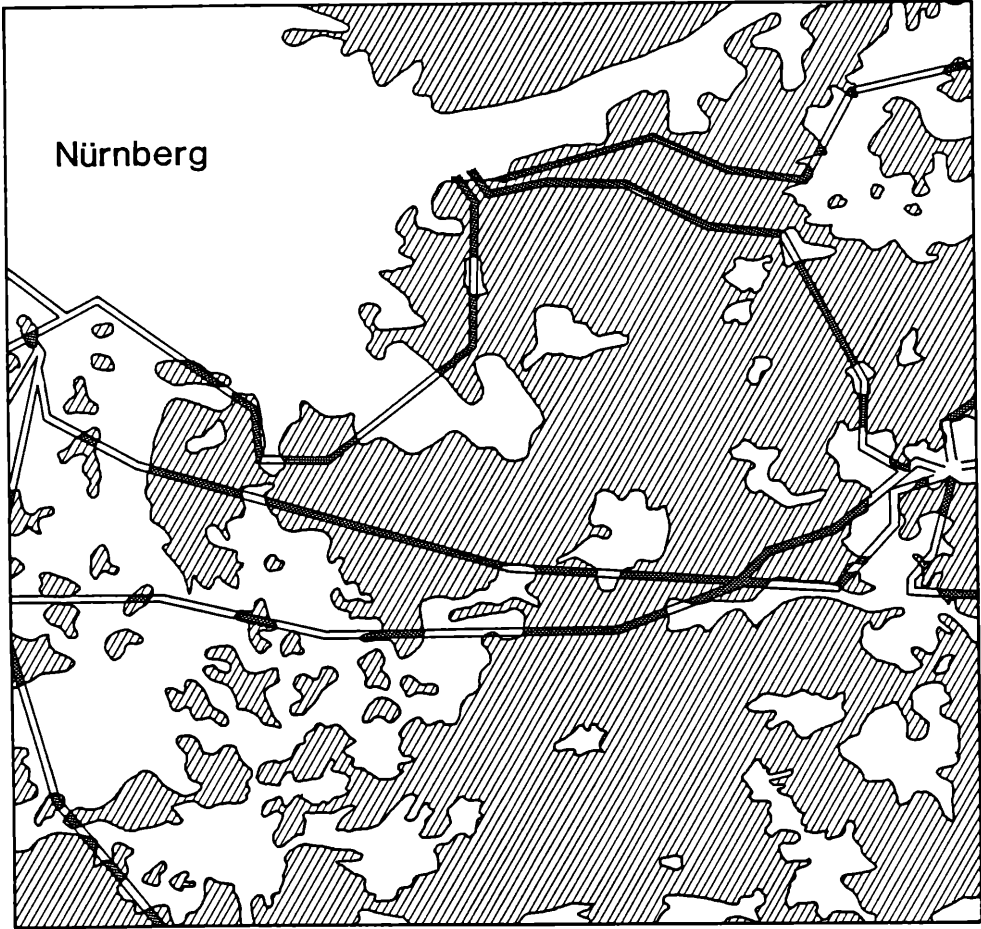
Auffallend ist in diesem Beispiel der hohe Betroffenheitsgrad von naturnahen Auwäldern.

\* Die Einschätzung des Leitungstyps (Hoch-, Mittel-, Niederspannungsleitung) ist wahrscheinlich nicht in allen Fällen zuverlässig.

Uschi DIEPOLDER und Gaby BLACHNIK sei für die Mithilfe herzlich gedankt!

Abb. 10: Freileitungsschneisen im Nürnberger Reichswald  
(Stand: 1980)

## Freileitungsschneisen im Nürnberger Reichswald



Betroffen sind hier in der Hauptsache Sandkiefernwälder. Die Verbuchungsneigung der Schneisen ist relativ gering; wo der Birken-Faulbaum-Kiefern-Vorwald nur langsam fortschreitet, bilden sich sekundäre Calluna-Heiden anstelle der Beerstrauchschiebt im Ki-Altersklassenwald.

Nachstehende Auflistung vereinigt mehr oder weniger willkürlich ausgewählte Durchschneidungsbeispiele aus Bayern, kennzeichnet die darauf beobachtete Sukzession und leitet daraus einige Umgestaltungsvorschläge ab (vgl. 4). Erkennbar wird eine nicht zu unterschätzende Vielfalt an biologisch interessanten Sukzessionsstadien.

Tabelle 6:

Biotyp	Durchschneidungsbeispiele	Ersatzvegetation, -Lebensgemeinschaften	Umgestaltungshinweise
Laubmischwälder Fugion Acerion usw.	Kesselberg/Kochelseehänge Leitzachthalhänge/Miesbach Mangfalltal bei Vagen Innendmoränen bei Helfendorf Inndurchbruch b. Schambach	Montane Schlagfluren mit <i>Salvia glutinosa</i> Sekundäre Buntreigrasfluren, Hochstaudenfluren Sonderfall: Ausbreitung von <i>Gladiolus paluster</i> , <i>Cyripedium calceolus</i> , <i>Digitalis grandiflora</i> im Schneisenrandbereich; wichtiger Korridor für blütenbesuchende Insekten auf Hochstauden (z. B. Kaisermantel, Schreckenfaller, Schwebfliegen)	montane Zone: im wasserzügigen Gel. dürftigen Hochstaudenfluren lange stabil bleiben; im lawinen-/tiefen- erosionsgeschützten Bereich: Ausha- gerung bis zum Sesslerion Wichtige Vorentscheidung: Nährstoff- nachlieferung von oben oder nicht?
bodensaure Kiefern- wälder (Dicrano- Pinion, Peucedano- Pinetum u. a.)	Nürnberg Reichswald Bodenwöhrer Bucht, Pleinfeld Sandkiefernwälder südlich Neumarkt/Oberpfalz Flugsande Rhein-Main-Dreieck Kiefernwälder bei Kahl/Main nordwestl. Tertiärhügelland	schwache Humusauflage auf gefestigten Sanden: <i>Calluna-Heiden</i> verdrängen Beersiräucher, <i>Carex</i> <i>Flügelginsterheiden</i> , <i>Drahtschmielenrasen</i> , <i>Carex</i> <i>piuifera</i> -Stadien lockere Flugsande: Silbergrasfluren Thero-Airion-Fluren; Tierweil; Ziegenmelker, Sandlaufkäfer, Ameisenlöwe, Ödlandschrecken	sowohl auf gefestigten als auch lockeren Sanden: Abschieben der Humusauflage auf größeren Teil- flächen, stellenweise auch dünne Lage Humus-Sand-Gemisch belassen f. <i>Calluna-Keimung</i> ; Hilfsstrategie Pul- <i>satilla</i> vernalis, Ödlandschrecken. Forstdüngung in Trassennähe meiden
Auwälder	Innauen Kiefernfelden bis Schärding, Isarauen N München Alzauen N Trostberg Donauauen, Salzachauen bei Surheim	Zunächst bis 1,5 m hohe Staudenfluren aus Klettendistel, Wildem Dost, Brennessel, Kratz- beere, Klebriger Salbei; späterhin möglicher- weise Vergesung mit <i>Festuca gigantea</i> , <i>Brachy- podium sylvaticum</i> , <i>Melica nutans</i> ; Geophyten bei Phalaris-Ausbreitung unterdrückt (z. B. <i>Galanthus</i> )	Ersatz für gefährdete Auensaumge- sellschaften schaffen, Verbindungs- struktur quer durch alle fließbe- gleitenden Teilbensräume (Exklaven) dieser Lebensräume auf der Trasse
Schneehel- de- u. Pfei- fengras- Kiefern- wälder	Puppling-Ascholdinginger Au Lechauen südl. Schongau untere Alzauen Haunstetter Wald b. Augsburg	Initialstadien des Erico-Pinion: Bodenvegetation ändert sich nicht wesentlich; dichte wechsel- feuchte Kiefernauen: Ruck zum Mesobromion, Gefahr der Ausbreitung von Ländreitgras; örtlich Vermehrung seltener Orchideen auf Trasse (südlichster Anacamptis-Fundort liegt auf Trasse)	Trockenkieferrwälder: keinerlei Optimierungsmaßnahmen; wechsel- feuchte Kiefern- u. Kiefern-Erlen- auen: Mahd der Grasbestände, Ver- buschung unter Kontrolle halten
Bruch- und Fuchtwälder	Inn-Endmoränen bei Peiß; nördl. Babensham östl. Thansau b. Rosenheim	eutrophe Hochstaudenfluren; Sumpfcallaabestände vertrocknen und vergilben; Torfmoosausbreitung nach Erlencinschlag; Wasserregime unausgeglichener. Alno-Padion: Ausbreitung von <i>Carex acutiformis</i> und <i>Impatiens noli-tangere</i> ; wechselfeucht: Begün- stigung von <i>Carex brizoides</i> ; Frühlingsgeophyten durch Konkurrenzverschiebung u. Sireulage unter- drückt; <i>Carex remota</i> b. Freistellung absterbend	Erlenniederwald mit Stockausschlag; Erarbeiten (z. B. Pflützenherstellung nur auf gering humosem Substrat (z. B. auf Secton), nicht aber auf Anmoor- oder Bruchwaldtorflage; falls unumgänglich, organ. Abraum sorgfältig entfernen oder nur an ganz best. Stellen aufhäufen
Gebüsche, Hecken, Feldgehölze	Innendmoränen N Wasserburg	Überspannte Hecken u. Gebüsche: keine Veränderung; Feldgehölze: i. d. R. keine Epilobio-Schlagfluren sondern eutrophierte Staudenfluren (Randeinfluß)	Feldgehölzdurchschneidungen: Mantel und Saum aufbauen
Kleingewässer im Wald	Innendmoränen N Wasserburg	Ausbreitung lichtbedürftiger Wasserpflanzen; starke Vermehrung von Gewässerorganismen Verlandung dch. Pflanzen stark beschleunigt	Gewässerufer wieder bebuschen Eventuell Ersatzgewässer im benach- barten Waldesdunkel schaffen; weitere Kleingewässer auf Trasse schaffen (leistungsfähige Lurchpop.)
Quellfluren im Wald	Innenge N Wasserburg	Hochwüchsige Röhrichte, Großseggenriede oder Stau- denfluren statt niedrigwüchsiger lockerer Quellfluren	Strauchschicht bei der Rodung sorgfältig schonen bzw. nachwachsen lassen
Moorwälder	Kendlmühlflize/Chiemsee Weitflitz/Peilbenberg Moore N Bad Tölz, Kirchseeemoor	Bearstachtheiden mit zunehmendem <i>Calluna</i> -Anteil <i>Rubus</i> -Schlagfluren in durchschnittenen Nieder- moorwäldern; Ländreitgrasmassenbestände Hochmoorregenerationskomplexe auf kahlgeschlage- ner Fichtenmadelstreu	Trasse in Wiedervernässungsmaß- nahmen einbeziehen; Handforstliche auf Trasse intensivieren; auf saurer Nadelstreu reifeldartige erosionsfreie Vernässungszonen abteilen (dch. kleine Wälle); kleine wassersammelnde Senken schaffen

#### 4. Konzept für die Biotop-Optimierung auf vorhandenen Leitungstrassen

Mit 70 m (110 kV) bzw. 90 m (220 u. 380 kV) breiten Schneisen\* und insgesamt über 40 000 km Hochspannungs-Trassen in der Bundesrepublik Deutschland gehören walddurchziehende Freileitungen zu den großflächigsten Entwicklungs- und Gestaltungsreserven der Landschaftspflege überhaupt. Diese Bandstrukturen sind zwar bei weitem nicht so lückenlos vernetzt wie die "Straßenbegleitbiotope", Breite und Gestaltungsspielraum sind jedoch viel größer. Entwicklungsschranken bestehen lediglich in

der Forderung nach Zugänglichkeit der Masten

dem Mindest-Vertikalabstand zwischen Vegetationsoberfläche und Leiterseil.

Um so mehr erstaunt es, daß für dieses Reservoir wenig genutzter und wenig exogen beeinflusster Flächen bisher keine Gestaltungs- und Entwicklungsleitbilder zu erkennen sind. Da der Stand der Technik bisher nur bis zu 110 kV eine weitgehende Verkabelung erlaubt, besteht eine anhaltende Tendenz zur Vermehrung der Breitschneisen zwischen 80 und 100 m. Ein Übergang von 380 kV auf die in anderen Ländern bereits teilweise üblichen "Super-Höchstspannungsleitungen" würde voraussichtlich noch breitere Schneisen hervorrufen. Landschaftsästhetische, ornithologische und technische Einwände begrenzen zudem die Möglichkeiten der Ü b e rspannung von Wäldern.

Die folgenden Vorschläge für eine bessere naturschutzbezogene Nutzung vorhandener Trassen gliedern sich in:

- 4.1 Auswahl von Trassenabschnitten ohne Gestaltungsbedarf (befriedigender Biotopzustand, Sukzessionen in gewünschter Richtung)
- 4.2 Umgestaltung der Mastfußflächen im Freiland
- 4.3 Umgestaltung von Waldschneisen in bisher unbefriedigendem Zustand.

Die Erfordernisse nach 4.1 – 4.3 richten sich nach Kriterien, die in Abb. 11 (S. 36) untereinander in Beziehung gesetzt werden.

##### 4.1 Trassenabschnitte ohne Gestaltungsbedarf

Systematische Bestandsaufnahmen auf verschiedenen alten Leitungsschneisen in den wichtigsten Naturräumen\*\* sollten baldmöglichst einen Überblick über alle auf derartigen Pionierstandorten möglichen Sukzessionsverläufe der Pflanzen- und Tiergemeinschaften in Abhängigkeit zu anderen Ausstattungsmerkmalen der durchschnittlichen Landschaften verschaffen. Einzelne vom Verfasser bereits auf Leitungsschneisen eingerichtete

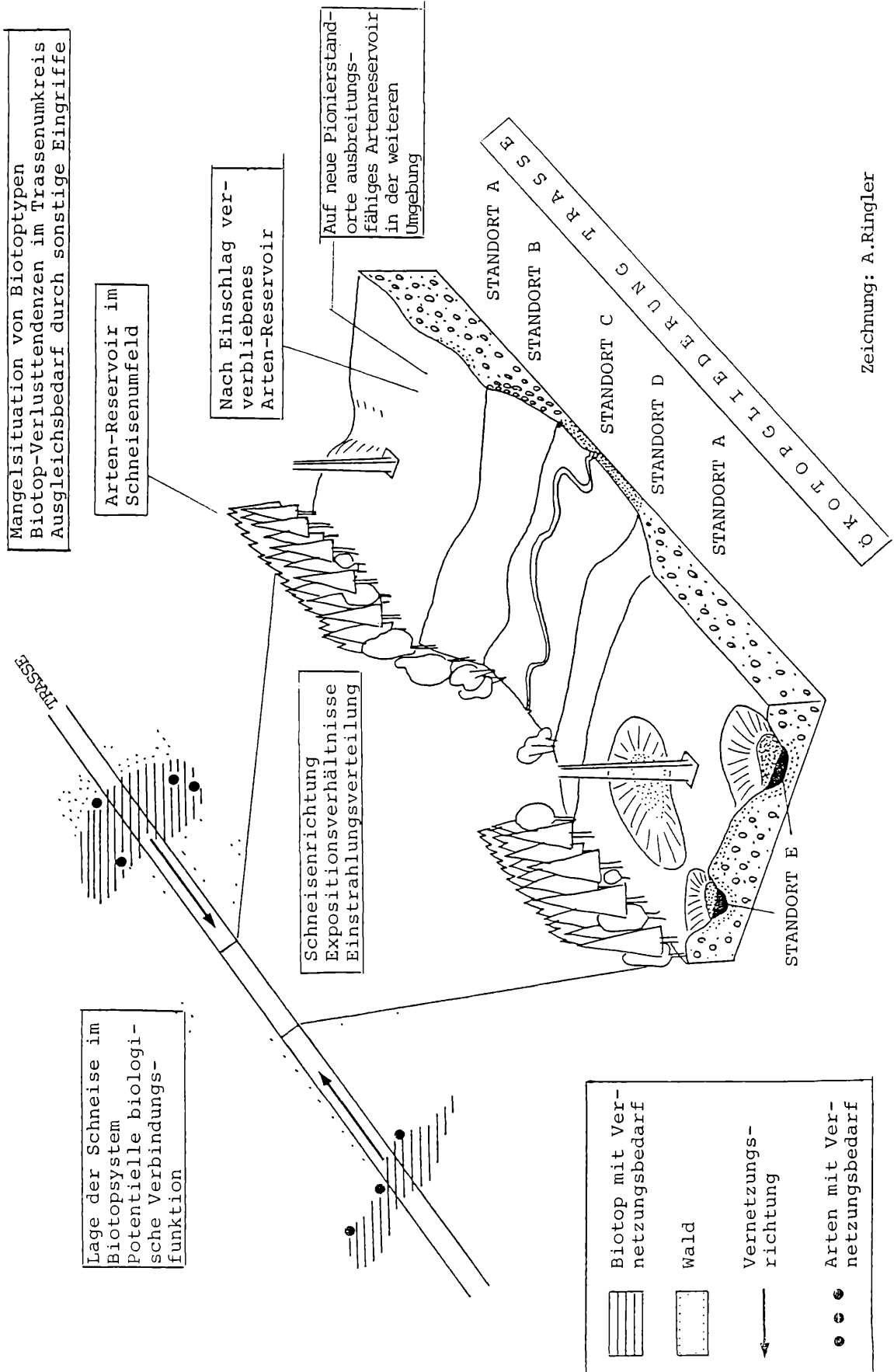
---

\* Die Schneisenbreite resultiert aus den Sicherheitsabständen zur maximalen Ausschwing-Projektion der Leiterseile und zu den Masten. Da der Mindestabstand der maximal 30-35 m hohen Bäume zu den Masten viel kleiner ist als der Sicherheitsabstand zum maximalen Ausschwingpunkt, ergibt sich keine exakt parallele, sondern eine parabolische Schutzstreifenform zwischen 2 Masten.

\*\* Beispielhaft für Bayern sind die an einigen baden-württembergischen Leitungstrassen durchgeführten Untersuchungen des Zoophysologischen Instituts der Universität Tübingen (Prof. Dr. WOLFF)



Abbildung 11: Grobkriterien für das Gestaltungskonzept von Freileitungsschneisen



Zeichnung: A.Ringler

Dauerbeobachtungsflächen können als Keimzellen für ein künftiges Monitoring-Netz dienen. Erst wenn auf diesem Wege ein Mindestkenntnisstand erreicht ist, lassen sich Trassenabschnitte ohne und mit Nachgestaltungsbedarf festlegen.

Hier können nur wenige Merkmale für landschaftspflegerisch befriedigende Trassenabschnitte genannt werden:

Schneisenränder mit standortheimischen Gebüsch und Kleinbäumen stufig eingewachsen

Schneisenränder nicht geradlinig, sondern buchtig geschwungen (Vor- und Rücksprung der Waldränder eher noch stärker als die paraboloiden Ausschwinggrenze der Leiterseile)

waldbauliche Nachgestaltung vom Schneisenrand in die Tiefe des Bestandes eingeleitet (z.B. abschnittsweise differenzierter Gehölzartenwechsel, vom Schneisenrand ins Bestandesinnere reichende Zäunungen zur Förderung eines standortgemäßen Laubholznachwuchses)

schatten- oder halbschattenbedürftige Mangelbiotope (z.B. ein Calla-Carex vesicaria-Bestand in einem Sumpfloch) sind durch den verbliebenen oder derzeit nachwachsenden Gehölzunterwuchs voraussichtlich gesichert

auf der Schneise sind Entwicklungen zu Lebensgemeinschaften im Gang, die in der betreffenden Landschaft bereits auf ein Minimum reduziert und dringend erweiterungsbedürftig sind (z.B. bandförmige Regeneration von Zwergstrauchheide in einem ehemaligen, durch Kiefernauaufforstung auf geringe Reste geschrumpften Heidegebiet südöstlich Lüneburg)

der Schneisenaushieb läßt ohne zusätzliche Maßnahmen eine Verbesserung der intra- und interpopularen Wanderung schutzwürdiger Tierarten zwischen derzeit isolierten Teilpopulationen erwarten (z.B. als Ausbreitungsachsen zwischen durch Forstbestände geschiedenen Zauneidechsen-, Bergeidechsen-, Wechsel- oder Kreuzkrötenbeständen).

#### 4.2 Umgestaltung der Mastfußflächen im Freiland

Einer gewissen Bewuchsentwicklung im Mastfußbereich stehen aus technischer Sicht keine ernstlichen Bedenken entgegen (mdl. Auskunft aus dem Teilnehmerkreis dieses Seminars). Zwar sind "Mastfuß-Ökozellen" keine Wunderwaffe gegen ausgeräumte Landschaften, jedoch können sie besonders im Verbund mit sonstigen Kleinstrukturen die Habitatausstattung von Ackerlandschaften ergänzen.

Abb. 12 (S. 38) deutet Möglichkeiten an, durch Sukzession (und dosierte Pflanzung)

niedrige Gebüsch- oder Feldholzinseln auf einem wenige Meter breiten Umgriff der Mastfundamente

von einem Mastfuß ausgehend lineare Rain- und Heckenelemente entlang von Flurgrenzen

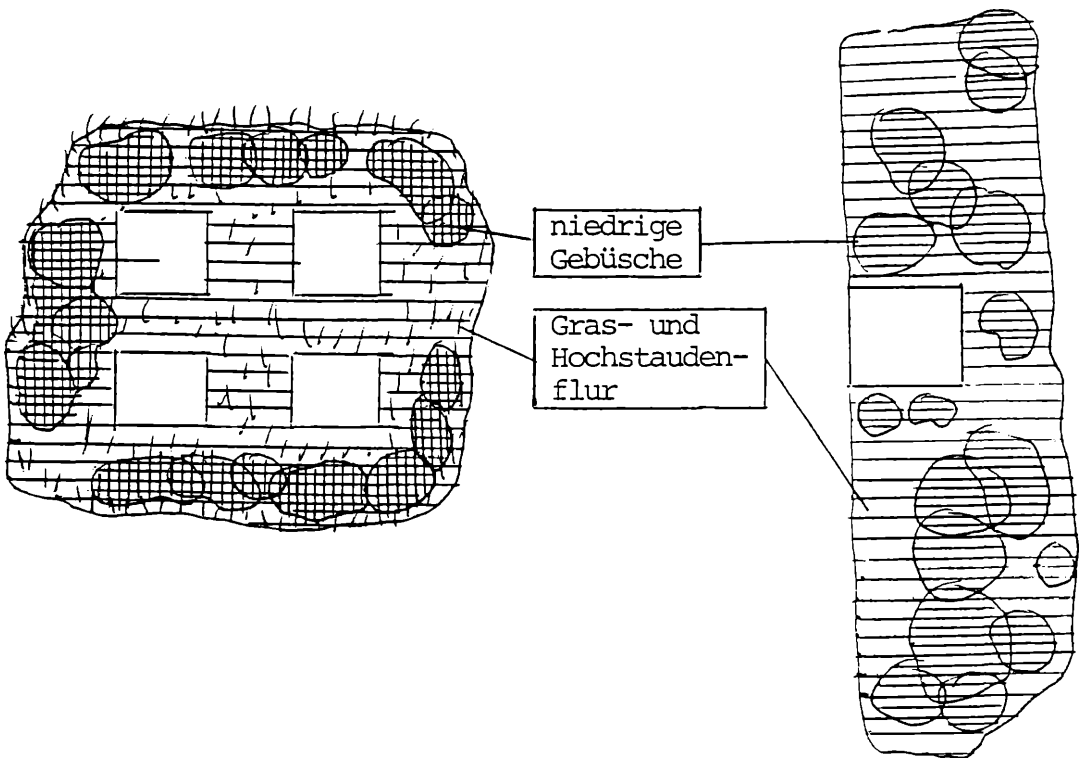
zu entwickeln.

Aus ornithologischer Sicht ließe sich einwenden, daß

Mast und Drähte als potentielle Greifvogel-Sitzwarten den Singvogelbesatz der mastnahen Habitate drosseln könnten

das Kleinsäuger- und Kleinvogel-Angebot bedrohte Greifvogelarten in den gefährlichen Leitungsbereich locken könnte.

Abb. 12: Bewuchsmodelle für Mastfüße im Ackerland



Dagegen läßt sich anführen:

Von den tagaktiven Greifvögeln lassen sich gerade die besonders gefährdeten (z.B. Weihen, bedingt auch Sperber und Habicht) nicht auf Leitung(smast)en nieder, wo Stromüberschlagsgefahr besteht

Nachtjäger, die Mastfußbiotop absuchen, würden in der Regel die hier sehr hohen Drähte unterfliegen

Für Vogelarten, die am meisten unter Leitungen leiden, z.B. Wiesenbrüter, Störche und Reiher, wären derartige Kleinhabitate ohne Belang

Kleinvögel, die Mastfußbiotop bewohnen könnten, sind durch das Leitungssystem schon deshalb kaum gefährdet, weil sie diese "Etag" nicht nutzen

Mastfußflächen in der Flur sind als "Ökozellen" ausgelegt: um die Betonfundamente zieht sich ein etwa 4 m breiter Ring\* aus Gebüsch-, Hochstauden- und Hochgrasfluren, ersatzweise auch entsprechend schmalere aber längere Streifen entlang von Flurstücksgrenzen unter Einbeziehung der Mastfußfläche (Abb. 12).

#### 4.3 Umgestaltung von Waldschneisen in bisher unbefriedigendem Zustand

Der "Landschaftsplaner" einer Hochspannungsschneise hat sich zunächst in Erinnerung zu rufen, daß

\* entspricht der Minimalbreite intakter Hecken- und Heckensaumökosysteme

- (1) jede Trasse wie ein Groß-Transsekt über viele geologisch-orografisch geländeklimatischen Standorteinheiten von Großlandschaften hinwegzieht, also sich in vielfältigster Weise in größere bis kleinste Abschnitte unterschiedlicher potentiell natürlicher und natürlicher Vegetation gliedert
- (2) das abiotische Entwicklungspotential des Trassenstreifens im Unterschied zu anderen Lineareingriffen wie Schnellstraßen oder Pipelines relativ wenig beeinträchtigt und entsprechend (1) sehr vielfältig ist
- (3) jede Trasse mit ganz unterschiedlichen Biotoptypen und natürlichen bis naturfernen Lebensgemeinschaften verbunden ist und u.U. Barrieren zwischen bisher räumlich isolierten Artenreservoirs und Populationen erniedrigt (aber auch neue Barrieren schafft).

Ausgehend von den Kriterien in Abb. 11 gliedert sich die Bewältigung der landschaftspflegerischen Aufgaben auf breiten und langgezogenen Waldschneisen folgendermaßen:

#### 4.3.1 Analyse der Trasse

Standorteinheiten auf der Trasse (Ökotoptgliederung)  
 pot. nat. Vegetationseinheiten auf der Grundlage der Standorteinheiten  
 nach dem Einschlag verbliebener Artenvorrat  
 Sukzessionsprognose für alle Standorteinheiten der Trasse

#### 4.3.2 Analyse des Trassen-Umfeldes

Position der Trasse im Biotopsystem der betreffenden Landschaft (durchschnittene, direkt oder indirekt angebundene Biotope)  
 Artenvorrat in den angrenzenden Biotopen, insbesondere der auf den Trassenraum ausbreitungsfähigen Arten  
 Mangelsituation und Verlusttendenzen derjenigen Biotoptypen der zugehörigen Landschaftseinheit, die auch auf den Trassenstandorten vertreten oder entwickelbar sind (Prioritäten der Biotopentwicklung im Schneisenbereich)  
 Eingriffe außerhalb der Trasse, deren Ersatzbedarf eventuell auf den Trassenstandorten erfüllt werden könnte

#### 4.3.3 Entwicklungskonzept für den Trassenbereich

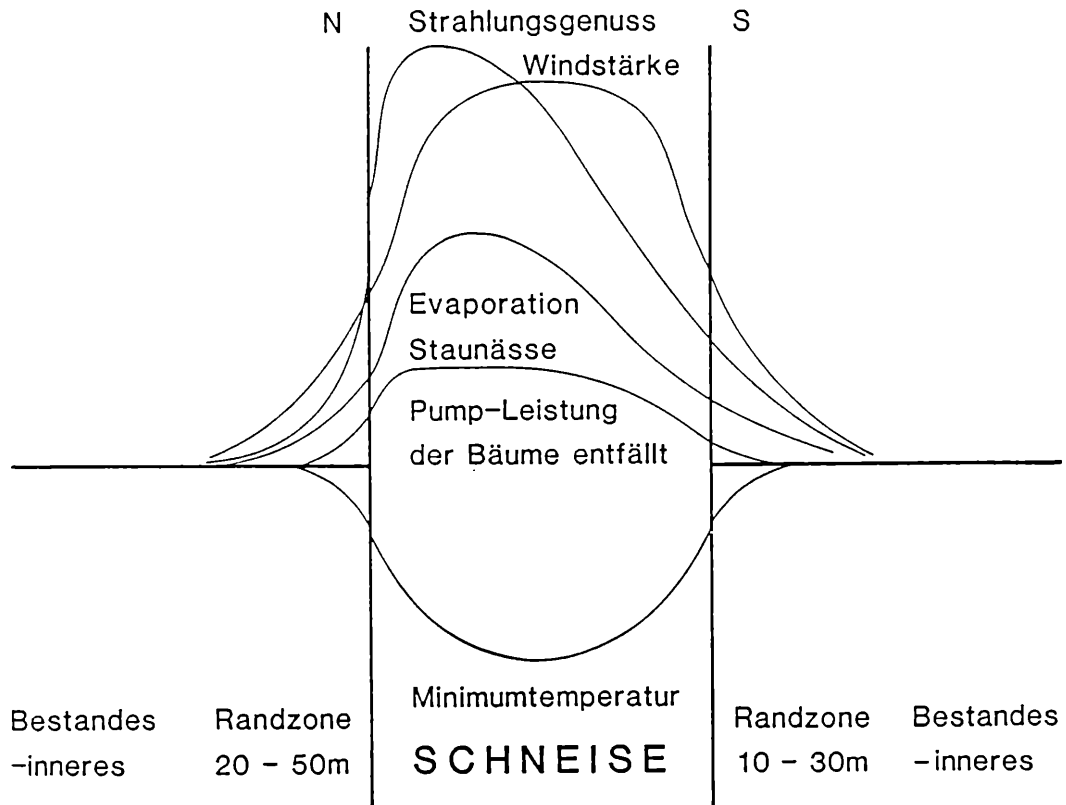
Biotopentwicklung im Schneisenraum  
 Biotopentwicklung um Saumbereich  
 Biotopentwicklung vom Schneisenrand ins Bestandesinnere.

Eine Besprechung aller genannten Punkte würde den Rahmen dieses Seminarberichts sprengen. Wir beschränken uns daher auf einige grundsätzlichen Vorschläge zu 4.3.3 (vgl. hierzu Abb. 14/15). Jedoch ist eine praktische Umsetzung naturschutzbezogener Aufgaben im Zuge des Freileitungsbaues ohne eine sorgfältige Analyse nach 4.3.1 und 4.3.2 kaum denkbar. "Standardausführungen" ohne Beachtung der individuellen Ausstattung durchschnittener Naturräume lassen die auf Freileitungstrassen tatsächlich vorhandenen Möglichkeiten weitgehend ungenutzt.

### Biotopentwicklung im Schneisenraum

Die Überlagerung der kleinklimatischen Gradienten einer Schneise (Abb. 13) mit deren Ökotopgliederung (Abb. 11) ergibt eine Aufteilung in Kleiräume mit mehr oder weniger verschiedenartiger Entwicklung.

Abb. 13: Schemaskizze der Kleinklimagradienten auf einer ost-west-verlaufenden Leitungsschneise (hypothetisch; ohne Bezug zu tatsächlichen Meßwerten)



Zur Raumaufteilung des Entwicklungskonzepts tragen außerdem bei:

der unterschiedliche Bodenabstand der untersten Leiterseile (in Mastnähe höhere zulässige Gehölzhöhe als am Durchhängepunkt)

die Schneisenrichtung (Einstrahlungssummen der Bestandesränder, Lage zur Hauptwindrichtung, Düseneffekte).

Daraus ergibt sich

Leitsatz 1 für die Schneisenentwicklung:

Die Verschiedenartigkeit der kleinstandörtlichen Verhältnisse soll sich im künftigen Biotopmuster auf der Trasse widerspiegeln!

Viele Breitschneisen durchziehen monotone Forstgesellschaften, in denen die standörtliche und Naturwald-Heterogenität stark nivelliert ist. In solchen Fällen können Schneisen eher eine Bereicherung sein, auch wenn ihre Gehölzsukzession nur bis zum Vorwaldstadium reicht.

Grundsätzlich kann das "Sisyphus-Problem" der Schneisenpflege, d.h. das unablässige Zurückschneiden des Waldaufwuchses, keine Dauerlösung sein. Dieser Schwebезustand ist ebenso kostenaufwendig wie unnatürlich.

Zumindest auf Teilflächen gilt daher Leitsatz 2 der Schneisenentwicklung:

Durch gezielte Standorteingriffe und Pflege der Pionierstadien sollte die Sukzession Schlagflur - Vorwald - Wald verlangsamt bzw. in gehölzarme Dauerstadien umgelenkt werden!

Durch Oberboden- bzw. Humusabtrag kann der Nährstoffzyklus unterbrochen und das Waldökosystem gewissermaßen um etwa 2 Jahrhunderte in den Zustand beweideter, stark ausgehagerter, räumiger Krüppelwälder zurückgeworfen werden. Günstige Voraussetzungen für dieses Verfahren bestehen insbesondere auf flachgründigen AC-Profilen bzw. bei flachen rohhumosen Auflagen über Sand oder Kies. Durch sporadische Beseitigung des Gehölzaufwuchses auf den abgeschobenen Stellen bzw. durch Schaftriftweide (mit entsprechender Sorgfalt bei der Vermeidung von Verbißschäden im angrenzenden Wald) könnte sowohl dem auch auf Rohböden z.T. starken Sämlingsdruck (Birke, Espe u.a.) begegnet, als auch eine magerrasenartige Vegetationsstruktur gefördert werden. Die Herstellung von Rohbodenstandorten würde aber auch ohne Folgemaßnahmen die Schneisenpflege erleichtern, weil die darauf anliegenden Gebüsche (auf Kalkschotter und Moräne insbesondere Buschweiden) relativ lange die Weiterentwicklung zur "nächsten Gehölzetape", die die kritische Höhe erreicht, blockieren. Wo nach Beseitigung des Humusstapels thermisch und hygri-sch extreme Wuchsorte entstehen würden (z.B. im Mittelfränkischen Becken, auf Flußterrassen, in Flugsandgebieten), sind die Gehölzprobleme gering. Dafür wäre hier an vielen Stellen sogar mit der Ansiedlung gefährdeter Pflanzen- und Tiergemeinschaften (z.B. Silbergrasflur, dealpine Schotterflur, pionierstandortsbewohnende Ödlandschrecken, Sandlaufkäfer und Ameisenlöwen) zu rechnen. Nicht einmal die Neuansiedlung von Heidelerche, Steinschmätzer und Ziegenmelker wäre ausgeschlossen. Auf wasserhaltenden Substraten könnte in bestimmten Naturräumen (z.B. Bayer. Wald, Quarzrestschotter des östlichen Tertiärhügellandes) nach Abräumen des Oberbodens in vernässenden Dellen die Bildung von Hochmoorinitialen induziert werden. Im Bayerischen Wald, im südlichen Thüringer Wald\* und im Alpenvorland genügt hierfür z.T. auch schon der Trassenkahlschlag. Durch abgestuftes Abräumen, z.B. vollständiger oder partieller Humusverlust, können völlig unterschiedliche Anschlußentwicklungen ausgelöst werden. So etwa kann sich bei partiellem Rohhumusabtrag sehr rasch eine Calluna-Heide einstellen, die wiederum den weiteren Waldaufwuchs stark hemmt.

Die Leitsätze 1 und 2 werden überlagert durch Leitsatz 3, der vor allem die Sicherung und Förderung der Artenausbreitung bzw. Wanderung entlang der Trasse im Auge hat:

Auf Breitschneisen sollten verschiedene Sukzessionsstufen (Rohboden, Pionier-, Schlagflur, Vorwald, Graslandformationen) **n e b e n - e i n a n d e r**, insbesondere als "Parallelsuren" in Schneisenrichtung vorkommen!

\* vgl. Sukzessionen im Grenzstreifen nördlich Coburg bei Röttenbach

Die Korridorfunktion (Artenausbreitungstendenz) sollte vor allem dann gefördert werden, wenn die Schneise mehrere, zu stark isolierte Offenlandbiotope miteinander verbindet (vgl. Abb. 11, 14, 15). Voraussetzung ist allerdings eine Substrat- und Reliefähnlichkeit der Schneise mit den zu verbindenden Biotopen. Die bahnartig gestreckte, ausbreitungs- und migrationsfördernde Anordnung bestimmter Habitatelemente ist nicht immer mit einem linienartig kontinuierlichen Verlauf gleichzusetzen. Auch kettenförmige "Trittsteine" ohne nennenswerte Barrieren erfüllen die Anforderungen.

Eine nivellierende Wirkung der Schneisenkorridore durch Migration ubiquitärer Arten, wie sie ADAM (1985) andeutet, halten wir nach bisherigen Beobachtungen nur in Sonderfällen für erheblich\*.

Die Leitsätze 4 und 5 sind dem biotischen Zusammenhang q u e r ü b e r die Schneise gewidmet. Leitsatz 4:

Schneidet der Trassenkahlhieb aus einem azonalen naturnahen Waldstandort Teilstücke ab oder heraus, so sollte wenigstens ein notdürftiger Bestandesschluß durch vor- oder niederwaldartige Sukzession bis zur höchstzulässigen Wuchshöhe (nach Möglichkeit in Mastnähe) herbeigeführt werden!

Beispielsweise ist es ohne weiteres möglich, einen "amputierten" Erlbruch durch Erien-Niederwaldbewirtschaftung auf der Schneise so an die beiden Restbestände links und rechts der Schneise anzubinden, daß der Fortbestand gesichert erscheint. Auch Alno-Padion-Feuchtwälder ließen sich auf diese Weise bei relativ unveränderter Artenzusammensetzung einigermaßen schließen. Als Verbindungen bieten sich insbesondere Querrinnen und -tälerchen an, in denen größere Bestandeshöhen verbleiben bzw. zugelassen werden können.

Leitsatz 5 verallgemeinert Leitsatz 4 in bezug auf "Artenbrücken":

In Trassenabschnitten mit überdurchschnittlicher zulässiger Wuchshöhe sollten "Übergänge" für wald- und saumgebundene Arten geschaffen werden!

Wiederum bieten sich hierzu niederwaldartig bewirtschaftete Querstreifen oder auch mit relativ niedrigen bzw. langsamwüchsigen Baumarten angereicherte Waldgesellschaften an (so etwa Eichen-Hainbuchen-Feldulmen-Feldahorn oder Eichen-Elsbeeren-Mehlbeeren-Bestände an).

Ein Zielkonflikt mit der Korridorfunktion (Leitsatz 3) kann durch schmale Lücken in der "Waldbrücke" oder lückig gestaltete Abschnitte entschärft werden.

---

\* Wenn Ubiquisten am anderen Schneisenende "wieder herauskämen", wären ihre Artgenossen im allgemeinen schon vorhanden, weil sie ja "Ubiquisten" sind. Innerhalb der Schneisen-Schlagflur, zumal auf artenverarmten Forststandorten, wäre eine Untermischung mit einzelnen Ruderalarten sicherlich keine biologische Katastrophe.

Leitsatz 6 projiziert die naturräumliche Mangelsituation auf das Schneisen-Entwicklungskonzept:

Beim Schneisenmanagement ist solchen Maßnahmen Vorrang einzuräumen, die voraussichtlich zumindest verarmte Ausbildungen in der Umgebung stark gefährdeter oder durch sonstige Eingriffsvorhaben bedrohter Lebensgemeinschaften erwarten lassen!

Hierzu 2 Beispiele:

Borstgrasrasen im ostbayerischen Raum sind häufig auf Waldrandlagen zusammengeschrumpft. Nahegelegene Hochspannungsschneisen von ausreichender Breite und Richtung (bevorzugt nordsüdlich) können zumindest auf Teilflächen vom Borstgrasrasenrest ins Forstinnere reichende Sekundärstreifen dieser bedrohten Formation liefern. Voraussetzung hierfür ist ein entsprechendes Mäh- und Weideregime.

Von der ehemaligen Perlacher Haide nahe München sind nur noch spärliche Florenreste an Gruben-, Weg- und Waldrändern vorhanden. Einige Leitungsschneisen deuten allerdings auf eine beachtliche "Machbarkeit" solcher Reliktbiotope. Da außerhalb von Wäldern jede Wiederherstellung ausgeschlossen ist, sollte ein auf Kalkmagerrasen abzielendes Management Vorrang im künftigen Schneisengestaltungskonzept haben.

#### Biotopentwicklung im Saumbereich

Tausende Kilometer an Schneisenrändern warten in der Bundesrepublik noch auf ihre waldbauliche und biologische Sanierung. Aus bloßen Schlagrändern müssen S ä u m e, d.h. vom Altbestand zur offenen Schneise abgestufte Vegetationsserien mit Waldmantel-, Gebüsch- und Krautsaumzone, werden.

Diese Sanierung zielt auf

- die waldbauliche Abpufferung des Bestandes (Abschirmung gegen Bodenaustrocknung, Rindenbrand, Windangriff usw.)
- den Artenaustausch bzw. die Individuenmobilität zwischen Offenland- und Waldbiotopen
- die Korridorwirkung der Schneise (intakte Säume sind Leitlinien für Ausbreitungsbewegungen von Arten).

Grundsätzlich sind 2 Typen von Bestandesrändern zu gestalten:

- (1) Laubmischwaldränder mit Neigung zur Mantel-Ausbildung (z.B. Eichen-Hainbuchen-, Hart- und Weichholzauwälder)
- (2) Nadelforste oder Buchenhallenwälder mit geringer Tendenz zur Mantel- und Saumbildung.

Im häufigeren Fall 2 bleibt die Vorpflanzung von Kleinbaum- und Mantelarten immer unbefriedigend\*, solange nicht ein Umbau des Hochwaldes in die Tiefe in einen Bestandestyp erfolgt, der die Mantelbildung ohne weitere Pflanzmaßnahmen auslöst. Dieser Umbau sollte durch rehdichte Zäunungsmaßnahmen entlang der Schneisenränder, sukzessives Abräumen des Nadelholzschrims (soweit im Verlauf der Waldschäden nicht ohnedies erfolgend) und nur ausnahmsweise durch Nachpflanzung bestimmter Gehölzarten geschehen.

---

\* siehe z.B. viele unbefriedigende "Kunstmäntel" an Autobahnschneisen durch Kiefern- oder Fichtenforste



Zu diesen Ausnahmen gehört die Möglichkeit, seltene standortheimische Gehölze wie Speierling, Elsbeere, Mehlsbeeren-Kleinarten, Stechpalme, Pimpernuß in den betreffenden Wuchsgebieten aus dortigen Provenienzen einzubringen und gezielt zu fördern.

In jedem Fall sollte aber eine künstliche Saumbildung um jeden Preis mit Hilfe der üblichen Standardgehölmischungen zwischen Hippophaë und Rosa rugosa ohne Standortbezug vermieden werden.

Einige Erfordernisse und Leitsätze der Saumgestaltung an Leitungsschneisen seien im folgenden zusammengestellt:

Soll der Schneisenraum als Magerrasen oder offene Pionierfläche gestaltet werden, so kommt einem gut entwickelten Waldsaum und -mantel als Klimaschutz für den Waldbestand besondere Bedeutung zu.

Die wärmebegünstigte Seite von Breitschneisen sollte als Abfolge thermophiler Gebüsch- und Säume/Trockenrasen entwickelt werden.

Schlag-Hochstaudenfluren sollten als bedeutsame Schmetterlingshabitate abschnittsweise die Waldmäntel begleiten (in diesen Bereichen Humus nicht abräumen!).

Schneisenränder sollen einen buchtigen Verlauf annehmen (mikroklimatische Differenzierung).

Schneisenränder sind vielfach die einzigen potentiellen Standorte für dauerhaft gegen Herbizid- und Düngereintrag aus landwirtschaftlichen Flächen geschützte Saumgesellschaften. In Landschaften mit nährstoffarmen, floristisch-faunistisch besonders reichen, aber im Zuge der Landnutzung bedrohten Säumen kommt der Saumausbildung an Schneisenrändern eine erhöhte Bedeutung zu.

Forstdüngung sollte im Nahbereich der neu entstehenden Schneisensäume nicht stattfinden. Ebenso abzulehnen ist Herbizidbehandlung im Schneisenraum (turbulente Schneisen-Windsysteme treiben Aerosole an die Bestandesränder!).

Gut ausgebildete Waldsäume im "Mündungsbereich" der Leitungsschneisen sollen in die Schneise hinein verlängert werden und dafür Entwicklungsvorbilder liefern (Struktur, Gehölze, Flora).

Schneisenquerende "Artenbrücken" (z.B. Niederwaldriegel) sollen mit entsprechenden Saumgesellschaften an die Schneisenränder angebunden werden.

### Biotopeentwicklung vom Schneisenrand ins Bestandesinnere

Wie wichtig ein Bestandesumbau für die Saumentstehung ist, wurde bereits angedeutet. Zentrales Mittel hierzu ist und bleibt die Schalenwildabschirmung.

Der buchtige Schneisenrand sollte auch auf die "Durchmischungsgrenze" im Bestandesinneren durchschlagen.

Das Ziel, auf der Schneise ein auf Teilstandorte abgestimmtes Vegetationsmosaik herzustellen, muß durch parallele Differenzierungsmaßnahmen im Randbestand beiderseits der Schneise flankiert werden. Kehrt beispielsweise ein durch Fichtenaushieb freigestellter Erlenbruchwaldstandort wieder zum Erlenniederwald zurück, so sollten die über die Trasse hinausreichenden Bruchwaldstandortanteile ebenfalls in diese Entwicklung einbezogen werden. Jeder Vor- oder Niederwald **a u f** der Trasse sollte sein naturnahes Hochwald-Pendant **n e b e n** der Trasse finden. Weitere Hinweise siehe im vorhergehenden Kapitel.

Eine anschauliche Zusammenfassung wichtiger Umgestaltungsvorschläge geben Abb. 14 und 15 (S. 46 u. 47). Zeichnerisch angedeutet, aber textlich nicht ausdrücklich hervorgehoben sind Möglichkeiten, Leitungsschneisen

- als Triebwege für Wanderschäfer herzurichten und zu nutzen und damit die Pflege weit auseinanderliegender Magerrasen zu erleichtern

- als "Sammelplätze" für örtlich nicht fixierte Kleineingriffe mit Biotop Entwicklungspotential (z.B. Kies- und Sandgruben für den Flurbereinigungswegebau; privater Heilerdeabbau)

- als verfügbare Fläche für Biotopneuanlagen (z.B. für Kleingewässer, Flutrinnen und Altwasserersatz)

zu nutzen und u.U. zu bereichern.

Umgestaltungen dieser Art würden manche Schneise auch für die Naherholung attraktiver machen. Biotopmäßige Durchgliederung eines Schneisenraumes drängt die optische Dominanz der Maste und Drähte zurück, erzeugt erholungswirksame Randlinien, Nischen und Kleinräume, schafft ein reiches und erlebniswirksames Kleintierleben.

Die derzeitige Erholungsnutzung vieler Schneisen durch ansonsten eher düstere Forstgebiete (z.B. im Perlacher Forst bei München durch Loipen und Wanderwege) legt eine derartige Optimierung nahe. Grundsätzlich könnte man Schneisen durch Altersklassen-Nadelforste als "Zwangsflächen" zur Laubholzförderung interpretieren. Auch für Imker könnten aufgewertete Schneisensäume einen interessanten Habitat darstellen.

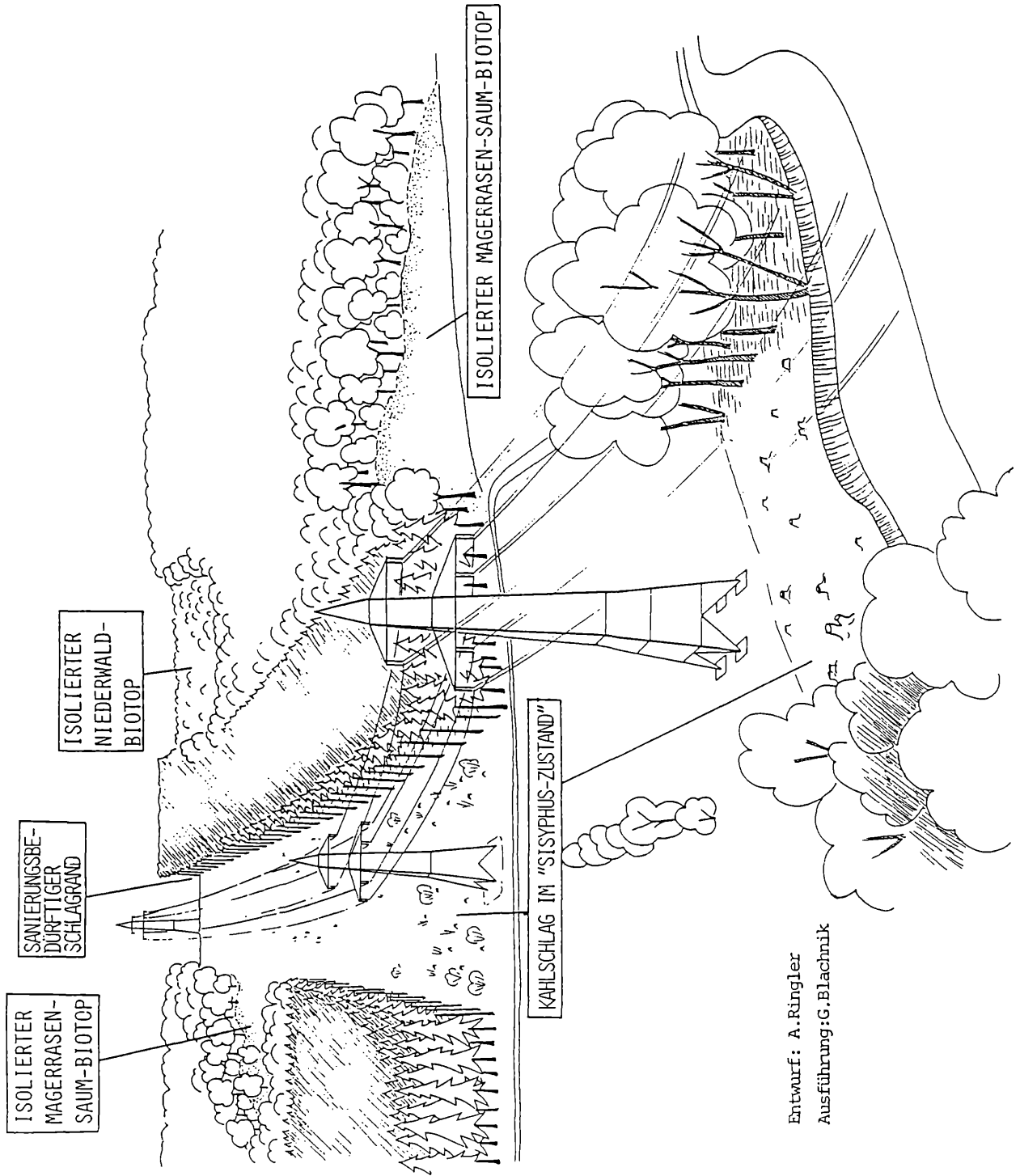
## 5. Nachbemerkung

Das gestellte Thema erlaubte keine angemessene Darstellung der Konflikte zwischen Leitungsbau (und Verkabelung) und Biotop-/Artenschutz. Fast könnte man den Eindruck gewinnen, Leitungsschneisen seien stets ein landschaftspflegerisch und biologisch bereicherndes Element. Abschließend muß aber betont werden, daß es nicht nur tierökologische, insbesondere ornithologische, sondern auch vegetationskundliche, standörtliche und forstliche Tabuzonen gibt, in denen die Eingriffswirkung des Leitungsbauens nicht durch Nachgestaltung ausgeglichen werden kann. Hierzu gehören z.B. alle ausgereiften naturnahen Waldgesellschaften, erosionsgefährdete Gebirgslagen, alle mit schattenbedürftigen Kleinbiotopen durchsetzten Gebiete.

Nichtsdestoweniger gehören Leitungsschneisen zu den ganz wenigen, für die Landschaftspflege hochgradig disponiblen und den massiven Nachbarschaftseffekten der Landwirtschaft wie z.B. der Eutrophierung und "Chemisierung" weitgehend entzogenen Bereichen, deren Entwicklungspotential bisher kaum genutzt wurde. Nur 0,5 % der Trassenfläche wird von den Mastfüßen eingenommen (WANSER 1986).

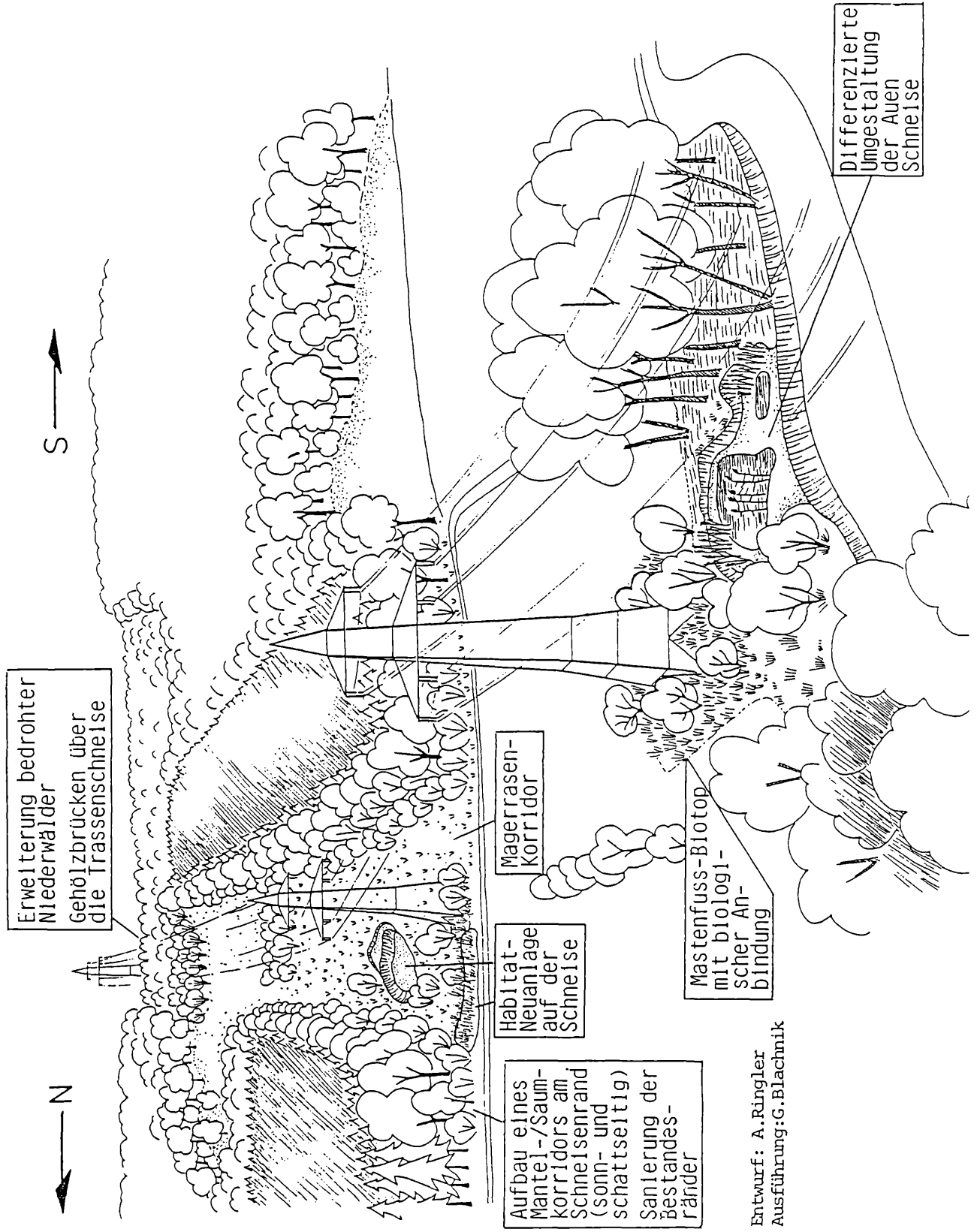
Die Optimierung der Leitungsbiotope erfordert eine vertrauensvolle Zusammenarbeit von Energiegesellschaften, Forstbehörden, Waldbesitzern, Landschaftspflege- bzw. Naturschutzbehörden und Wissenschaftlern. Erste Ansätze hierzu hat dieses Seminar geliefert. Der landschaftspflegerische Beitrag zum Freileitungsproblem darf sich nicht in einer visuell unauffälligen Linienführung und Mast-Dimensionierung erschöpfen. Die Kooperation zwischen Naturschutz und Energiewirtschaft sollte in diesem Bereich über technische Vogelschutzmaßnahmen, bei denen ein erfreulicher Aufbruch zu verzeichnen ist, hinausgehen und die Herausforderung der ohne erkennbares Entwicklungsziel daliegenden Schneisen und Mastfußbereiche endlich zu bewältigen versuchen.

Abb. 14: Hochspannungstrasse mit Gestaltungsdefizit



Entwurf: A. Ringler  
 Ausführung: G. Blachnik

Abb. 15: Einbindung einer Hochspannungsschneise in ein Biotop-Verbundsystem



Entwurf: A. Ringler  
Ausführung: G. Blachnik

## Literatur

- ADAM, K. (1985):  
Leitungstrassenbau - Eingriff in die Landschaft. - Inf. Raumentw. H. 7/8: 665 ff.
- BERNDT, H. (1986):  
Freileitungen und ihre Bewertung als Umweltfaktor. - ANL-Seminar 12/86 (Laufen)
- BEZZEL, E. (1982):  
Vögel in der Kulturlandschaft. - Stuttgart: Ulmer
- BORMANN, F.H. (1986):  
Pattern and Process in a Forested Ecosystem. New York-Heidelberg-Berlin: Springer
- BORMANN, F.H. et al. (1979):  
The export of nutrients and recovery of stable conditions following deforestation at Hubbard Brook. - Ecol. Monogr. 44: 255-277
- DOUGLASS, J.E. (1967):  
Effects of species and arrangement of forests on evapotranspiration. Proc. Intern. Symp. Forst Hydrology, Pergamon Press (NY.): 451-461
- ELLENBERG, H. (1978):  
Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. - 2. Auflg.; Stuttgart; Ulmer
- GEPP, J. (1980):  
Zur ökologischen Beurteilung von Forstrassen mit Hoch- und Mittelspannungs-Freileitungen. - ANL-Tag.ber. 8/80: 58-64
- HEIJNES, R. (1982):  
Vogeltod durch Drahtflug bei Hochspannungsleitungen. - d.a.s. (1982)
- HEYDEMANN, B. (1982):  
Der Einfluß der Waldwirtschaft auf die Wald-Ökosysteme aus zoologischer Sicht. Schriftenr. Dt. Rates f. Landespflege H. 40: 926-944
- HIBBERT, A.R. (1967):  
Forest treatment effects on water yield. - Proc. Intern. Symp. Forest Hydr., Pergamon Press (N.Y.): 527-543
- LECHLEIN, H. (1986):  
Formen des landschaftsgerechten Stromleitungssbaus. Inf. Raument. H. 6/7: 477-486
- LOSCH, S., RACH, D. & W. SELKE (1984):  
Flächennutzung und Bodenschutz. - Zt. Kulturtechn. u. Flurber. 25: 203-214
- WAGNER, G. (1986):  
Zwischenbilanz zweier Symposien über den Stromleitungsbau. Inf. Raumentw. H. 6/7: 523-535
- WANSER, G. (1986):  
Freileitungen und Kabel in Transport- und Verteilungsnetzen. Inf. Raumentw. H. 6/7: 437-451

### Anschrift des Verfassers:

Alfred Ringler  
Alpeninstitut für Umweltforschung  
und Entwicklungsplanung  
Balanstraße 138  
8000 München 90

## FREILEITUNGEN UND IHRE BEWERTUNG ALS UMWELTFAKTOR

Hermann Berndt

### Einleitung

Immer wieder wird die Öffentlichkeit mit der Behauptung verunsichert, elektrische und magnetische Felder von Freileitungen seien gesundheitsgefährdend.

Neuerdings gibt es auch Stimmen, die Freileitungen für das Waldsterben verantwortlich machen wollen.

Allen diesen Behauptungen wird nachstehend widersprochen und anhand neuester wissenschaftlicher Erkenntnisse in allgemeinverständlicher Form begründet, weshalb jede Panikmache fehl am Platze ist.

Die Stromversorgung muß sich dem Argument stellen, daß Freileitungen technische Objekte sind und in unberührter Natur als Fremdkörper empfunden werden können. Sie muß auch mit der Tatsache fertig werden, daß die Inanspruchnahme von Grund und Boden durch Leitungstrassen oft wenig Anklang findet.

Ungerechtfertigt ist es aber, den Widerstand gegen Freileitungen mit Gesundheitsgefährdung oder Umweltschädigung zu begründen und noch viel bedenklicher ist es, die so in der Öffentlichkeit geschürte Angst für üble Geschäfte zu mißbrauchen.

Der Mensch ist in seiner Umwelt dem Einfluß elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder unterschiedlichster Frequenzen ausgesetzt. Diese Felder sind sowohl natürlichen, als auch technischen Ursprungs.

Bild 1\* zeigt das gesamte Frequenzspektrum der elektromagnetischen Felder. Die technischen Frequenzen der Stromversorgung mit 0 Hz (HGÜ) und 16 2/3, 50 oder 60 Hertz stellen sich auf dieser Skala nur als sehr schmales Band dar.

Interessant ist nun, daß die Auswirkungen elektromagnetischer Felder auf biologische Organismen sehr unterschiedlich sind.

Im unteren Frequenzbereich lassen sich bei entsprechender Intensität der Felder Reizwirkungen feststellen; sie gehen mit zunehmender Frequenz in Wärmewirkungen über.

Im Bereich höchster Frequenzen also der Gamma- und Röntgenstrahlung - kommt es schließlich zu ionisierenden Effekten und zur Zerstörung von organischen Gewebestrukturen.

Auch in der Ausbreitung elektromagnetischer Wellen zeigen sich Unterschiede: im unteren Frequenzbereich bis etwa 30 kHz erfolgt die Übertragung leitungsgebunden, im höheren Frequenzbereich der durch Rundfunk und Fernsehen bekannt ist - bedarf die Ausbreitung keiner Leitung mehr; Antennen übernehmen die Abstrahlung in den Raum. Je höher die Frequenzen werden, um so mehr läßt sich auch eine Bündelungsfähigkeit also Richtwirkung feststellen, ein Effekt, der sich in Richtung zum sichtbaren Licht laufend steigert.

Für den unteren, leitungsgebundenen Bereich technischer Frequenzen, über den hier berichtet werden soll, läßt sich schließlich noch eine wei-

---

\* Bilder siehe Anhang (Seite 71 - 80)

tere Differenzierung aufzeigen: Es ist dies die physikalisch begründbare Möglichkeit, die elektrischen und magnetischen Felder elektromagnetischer Wellen getrennt zu betrachten. Diese Trennung trägt sehr dazu bei, die einzelnen Vorgänge verständlicher zu beschreiben. Nach dieser, der Übersicht dienenden Abgrenzung soll nun mit dem elektrischen Feld begonnen werden.

## Das elektrische Feld

Durch die Einwirkung der kosmischen Strahlen und auch anderer z.T. terrestrischer Faktoren kommt es zur Ionisierung in der Atmosphäre und damit zur Ladungsbildung, d.h. zum Aufbau elektrischer Felder.

Seit Urzeiten ist deshalb der Organismus aller Lebewesen den natürlichen atmosphärischen Feldern unseres Planeten Erde exponiert. Wir werden sehen, daß sie in ihrer Intensität mit technischen Feldern, die auf uns wirken, durchaus vergleichbar sind.

So kann man bei Schönwetter Werte zwischen 50 und 500 Volt je Meter (V/M) messen und bei Schlechtwetter bzw. vor Gewittern sogar Werte bis zu 20 000 V/m. Schließlich ist Bergsteigern bekannt, daß im Hochgebirge bei gewissen Wetterlagen Glimmerscheinungen an allen Metallteilen - etwa an Eispickeln und Steigeisen auftreten und die Haare zu vibrieren beginnen.

Hier wirken dann lokal begrenzt Feldstärken von 100 kV (Kilovolt je Meter) und mehr.

Vergleichen wir diese Werte mit den Feldern der technischen Stromversorgung Bild 2 so erwarten uns in unseren Haushalten (1) Felder von 10 bis 500 V/m (sie entstehen in den von uns genutzten elektrischen Geräten); unter 110 kV-Freileitungen können 500 bis 1 500 V/m gemessen werden unter 380 kV-Leitungen etwa bis 6 000 V/m und schließlich in Schaltanlagen, die nur von Fachpersonal betreten werden, sogar bis zu 20 000 V/m oder abgekürzt: 20 kV/m.

Die Größenordnungen der natürlichen Felder und der technischen Felder soweit die breite Öffentlichkeit damit konfrontiert wird - sind also gar nicht so unterschiedlich. Allerdings handelt es sich bei den natürlichen Feldern meist um quasistationäre Felder, bei den technischen Feldern dagegen vorwiegend um Wechselfelder. Bei den letzteren kommt als weitere Kenngröße noch die "Frequenz" hinzu. Aber auch dies ist bei niedrigeren Frequenzen kein so grundsätzlicher Unterschied, weil es im Ergebnis gleichgültig ist, ob man sich in einem Gleichfeld bewegt oder in einem Wechselfeld still sitzt; in beiden Fällen geraten Ladungen in Bewegung.

## Was ist nun ein elektrisches Feld?

Nach der klassischen Definition ist ein elektrisches Feld ein Raum, in dem auf geladene Körper Kräfte ausgeübt werden. Elektrostatische Felder wirken also ähnlich wie Magnetismus oder Gravitation mit Kräften über Entfernungen.

Aus der Schulzeit dürfte sicher noch allgemein der Kondensator - Bild 3 bekannt sein.

Legt man eine Gleichspannungsquelle an, so entsteht an einer Platte Elektronenüberschuß (negative Ladung), an der anderen Elektronenmangel (positive Ladung). Zwischen den Platten bildet sich ein elektrisches Feld aus, das wir zum besseren Verständnis mit Linien darstellen: sogenannte Kraftlinien von Platte zu Platte und sogenannte Äquipotential-

linien (Linien gleichen Potentials) quer dazu. Dies alles ist keineswegs geheimnisvoll, sondern ebenso ein Hilfsmittel, wie die Höhen- und Falllinien, die zur Reliefdarstellung von Bergen genutzt werden.

Wird nun anstelle der Gleichspannungsquelle eine Wechsellspannungsquelle an den Kondensator gelegt, so ändern sich seine Ladungen im Takt der Frequenz laufend. Es beginnt ein Verschiebestrom zu fließen, dessen Größe proportional der Kapazität des Kondensators, der Frequenz und der angelegten Spannung ist.

Während sich zwischen den Platten eines Kondensators ein homogenes Feld ausbildet, d.h. die Feldlinien parallel laufen, bilden sich Bild 4 - bei anderen Elektrodenformen inhomogene Felder aus; die Feldintensität ändert sich hier entsprechend dem Verlauf der Kraft- bzw. Potentiallinien.

Außerdem unterscheidet man zwischen ungestörten und gestörten Feldern. Für letztere ist charakteristisch, daß sich im Feldraum Gegenstände befinden oder eingebracht werden. Das Feld wird durch die Anwesenheit dieser Gegenstände, die zu Ladungsträgern werden, verzerrt. Je größer ein Gegenstand ist und je spitzer am oberen Ende, um so ausgeprägtere Feldstörungen sind zu erwarten. Jede Bündelung von Kraftlinien oder Äquipotentialflächen zeigt also Feldkonzentration an; das Feld wirkt an diesen Stellen stärker.

Selbstverständlich gilt das hier Erwähnte auch dann, wenn sich Menschen oder Tiere im Feldbereich (2) befinden - Bild 5 -. Man kann davon ausgehen, daß die immer etwas feuchte Haut der Körperoberfläche leitend wirkt. Somit werden Mensch oder Tier in die Potentialfläche der Kondensatorplatte "Erde" mit einbezogen, auf der sie stehen. Der zwischen den Kondensatorplatten meßbare Verschiebestrom fließt in Richtung der Kraftlinien bevorzugt dorthin, wo sich das Feld konzentriert, d.h. die Äquipotentiallinien dicht liegen. Damit konzentrieren sich Feldstärke und auch Verschiebestrom im gezeigten Bild auf Kopf und Oberkörper. Dort beträgt die Feldstärke ein Vielfaches des ungestörten Feldes, also des Feldes, das ohne den Menschen im Raum herrschen würde.

Nehmen wir an, die Stärke des ungestörten Feldes ( $E_0$ ) würde 20 kV/m betragen, dann ergäbe sich am Kopf wie man durch Messungen (3) nachweisen kann ein Feld ( $E_{max}$ ) von etwa 300 kV/m. Auf den Gesamtkörper würde dabei ein Verschiebestrom von rund 0,3 mA zufließen; 2/3 davon über Kopf und Oberkörper also über den Bereich, um den sich das Feld konzentriert.

Ströme dieser Größenordnung können wir allerdings überhaupt noch nicht spüren! Vielmehr beginnt die Wahrnehmbarkeit beim Berühren einer Stromquelle frühestens bei 0,5 mA meist sogar erst bei Werten um 1,0 mA.

Steigt die Stromstärke weiter, so beginnt es bei etwa 3,0 mA unangenehm zu werden und bei 10 bis 15 mA kommt es zu Muskelverkrampfungen, d.h. zu den ersten Warnzeichen akuter Gefahr. Je höher die Spannung der berührten Stromquelle ist, desto höher ist der zu erwartende Stromfluß. Um deshalb die bei einer Berührung von spannungsführenden Teilen fließenden Ströme in zulässigen Grenzen zu halten, schreiben die Sicherheitsvorschriften (z.B. VDE) entsprechende Grenzwerte für die Berührungsspannung vor. Nun sehen wir, daß es im elektrischen Feld ohne Berührung von spannungsführenden Teilen ebenfalls zu einem Stromfluß kommt, der sich über den ganzen Körper verteilt.

Wir sollten also ganz bewußt registrieren, daß elektrische Felder und wie wir später noch hören werden, auch magnetische Felder sich im Körperbereich in Influenz- oder Induktionsströme umwandeln. Mit dieser wichtigen Tatsache müssen wir uns auseinandersetzen und darauf achten,



daß auch diese Ströme in den einzelnen Körperteilen gewisse Grenzwerte nicht überschreiten. Solange die über Felder auf uns einwirkenden Ströme unsere Sinnesrezeptoren, unser Nerven- und Muskelsystem nicht stören oder gar schädigen, bleiben sie ungefährlich. Dies wird im weiteren Verlauf noch verständlich zu machen sein.

Doch zunächst ist noch eine andere Frage zu beantworten: Wie bilden sich im Bereich von Freileitungen und speziell unter ihnen Felder aus? Bild 6 Freileitungsmaste tragen stets mehrere Phasenseile, je System jeweils drei. In der öffentlichen Stromversorgung wird Drehstrom übertragen. Von den drei Phasen jedes Systems werden jeweils drei Felder erzeugt, die gegeneinander um jeweils 120 Grad phasenverschoben sind. Durch diese Phasenverschiebung kompensieren sich die Felder gegenseitig weitgehend. Was wir am Boden unter Freileitungen messen können, sind die sogenannten Rest- oder Streufelder; das sind Feldanteile, die aus geometrischen Gründen von der Kompensation nicht erfaßt werden konnten.

Die Größe dieser Felder ist sehr stark abhängig von der Betriebsspannung der Leitung und vom Abstand der Phasenseile etwa zum Boden. In der Regel mißt man die Felder in Spannfeldmitte, also dort, wo die Phasenseile den kleinsten Bodenabstand besitzen und die Felder somit ihre Maximalwerte erhalten. Da es sich um liniengerichtete Felder handelt, nimmt die Feldstärke verkehrt proportional mit der Entfernung von den Phasenseilen sehr schnell ab.

Zu den Masten hin vergrößert sich nun der Bodenabstand der Seile; entsprechend schwächen sich deshalb die Felder in dieser Richtung sehr stark ab und gleiches gilt mit zunehmendem Seitenabstand von der Leitungsachse.

Nun wäre es sehr aufwendig, die Felder unter Freileitungen stets, wie in Bild 6 gezeigt, darstellen zu wollen.

Bild 7 zeigt die übliche Darstellungsform der Feldverteilung unter Freileitungen. Sie sehen hier den Feldverlauf unter einer 380 kV-Leitung in Spannfeldmitte, in einem Schnitt quer zur Leitungsachse.

Man kann die Feldverteilung durch die Geometrie des Mastkopfbildes und durch die Anordnung der Phasen am Mast weitgehend beeinflussen. Ein Beispiel dafür ist in Bild 8 zu sehen. Es war in diesem Fall der ausdrückliche Wunsch eines Eigentümers, die Feldstärke in Nähe des Schwimmbeckens so niedrig wie möglich zu halten. Aktuell wurde dies, als eine 110 kV-Leitung in Einebenen-Bauform durch zwei parallele 110 kV-Tonnenmastleitungen ersetzt werden mußte. Durch entsprechende Anordnung der Phasen war es nicht schwer, diesem Wunsch nachzukommen. Es muß aber ausdrücklich erwähnt werden, daß damit de facto nur ein psychologischer Effekt erreicht wurde, der den Eigentümer veranlaßte, dem geplanten Bauvorhaben zuzustimmen.

Bis vor 15 Jahren waren energietechnische Felder von Freileitungen nur im Zusammenhang mit der Minimierung von Koronaverlusten interessant; von Gesundheitsgefährdung war keine Rede.

Erstmals kam dieses Thema zur Diskussion, als im Jahre 1972 russische Wissenschaftler in Paris bei der CIGRE-Konferenz (CIGRE = Conférence International des Grands Réseaux Elektriques) einen Bericht (4) vorlegten, in dem von möglicher Gesundheitsbeeinträchtigung bei längerem Aufenthalt in stärkeren elektrischen Feldern der Stromversorgung berichtet wurde Bild 9 Kopfschmerzen, Ermüdungserscheinungen, Schwindelanfälle, allgemeine Kraftlosigkeit ja sogar Impotenz sollten die Feldeinwirkungen zur Folge haben. Es wurden Grenzwerte vorgegeben,

um diesen Feldeinwirkungen vorzubeugen. Es versteht sich von selbst, daß die gesamte westliche Fachwelt irritiert war, weil derartige Folgen trotz über 50jähriger internationaler Erfahrung und Nutzung dieser Energie bisher noch nie festgestellt wurden. Weltweit wurde deshalb dieser Bericht aufgegriffen und damit begonnen, seine Aussagen zu überprüfen. Nicht nur wir, sondern auch die Russen wissen inzwischen, daß die damaligen Behauptungen in der dargestellten Form in keiner Weise haltbar sind.

Damals aber, als diese Klarstellung noch fehlte, wurde die momentane Verunsicherung von inkompetenten Seiten noch dadurch gesteigert, daß man Berichte über Tierversuche veröffentlichte Bild 10 -, die mit extremen Feldstärken und unterschiedlichsten Frequenzen durchgeführt wurden (5). Dabei machte man dem Leser, der sich informieren wollte, keineswegs erkennbar, daß die angewandten Feldstärken oder -frequenzen um Zehnerpotenzen über denen der praktischen technischen Anwendungen lagen und auch nicht, daß es im Leben überall physikalische Erscheinungsformen gibt, die erst bei der Überschreitung von Grenzwerten zur Gefährdung werden.

Wenn beispielsweise jemand bei 30° Celsius badet, wird er sich wohl fühlen. Erreicht das Badewasser allerdings nur den dreifachen Wert also 90° Celsius - so wird ein Bad erfahrungsgemäß lebensgefährlich. Ist es da so ungewöhnlich, wenn bei Versuchen mit den 100fachen Werten der normal üblichen Feldstärken lebensgefährliche Effekte zu beobachten waren? Betrachtet man Bild 10 aus dieser Sicht, so ist es eigentlich verwunderlich, daß es überhaupt noch "Überlebende" gab - und es darf nach dem Sinn dieser Experimente gefragt werden. Auch sind in diesem Bild die Wirkungen unterschiedlichster Frequenzen zusammengefaßt, obwohl sich der Autor vorwiegend mit den Wirkungen technischer Frequenzen auseinandersetzen wollte. Nehmen Sie diese Darstellung als ein Beispiel dafür, wie man unterschwellig Angst vermitteln kann.

Als nach dem Bekanntwerden des russischen Berichtes weltweit die Forschung begann, mußte man erst Versuchserfahrungen sammeln. Dazu gehört, daß sämtliche Randbedingungen richtig erkannt und auch beurteilt in das Ergebnis, d.h. den Schlußbericht einfließen. Anfangs gab es dabei Pannen. Beispielsweise wurde einmal vergessen, den Futternapf einer im elektrischen Feld sitzenden Ratte zu erden. Der Futternapf konnte sich daher aufladen und die Ratte erhielt bei jedem Versuch zu fressen, elektrische Schläge. Schließlich verweigerte das Tier jede Nahrungsaufnahme und die Forscher zogen daraus den Schluß, daß Ratten in elektrischen Feldern jede Nahrungsaufnahme verweigern.

Erst später stellte man fest, daß es genügt, den Futternapf zu erden, um die Ratte wieder zur Futteraufnahme anzuregen auch in starken elektrischen Feldern! Diese anfänglich zum Teil einander widersprechenden Forschungsergebnisse wurden natürlich von den an Schlagzeilen interessierten Medien begierig aufgegriffen. So verbreitete sich in der Öffentlichkeit die Vorstellung von gesundheitsgefährdenden Feldeinwirkungen und damit kam es verständlicherweise auch zu einer ablehnenden Einstellung breiter Kreise gegen Freileitungen. Vielen war diese Verunsicherung sogar ein willkommenes Argument, sich gegen den Bau neuer Freileitungen besser zur Wehr setzen zu können und verschiedene "baubiologische Institute" leben noch heute gut von diesen durch Pannen entstandenen und teilweise gezielt verbreiteten Fehlinformationen.

Weltweit wird heute anerkannt, daß es vor allem deutsche Wissenschaftler waren, die Systematik in die Erforschung eventueller Wirkungen elektrischer und magnetischer Felder brachten, wobei besonderer Wert auf nachprüfbarere Ergebnisse gelegt wurde. Daran krankte es nämlich in der ersten Zeit besonders!

Mit an erster Stelle steht HAUF (1) als Leiter der Forschungsstelle für Elektropathologie in Freiburg in Zusammenarbeit mit der TU München Bild 11 HAUF führte Untersuchungen an Versuchspersonen im exakt definierten elektrischen Feld durch und steigerte dabei die Feldstärken schrittweise bis zu 20 kV/m - dem wohl höchsten technisch noch interessanten Wert, mit dem allerdings bestenfalls Fachpersonal von Stromversorgungsunternehmen konfrontiert wird.

Untersucht wurden alle medizinisch wichtigen Parameter und Körperfunktionen, wie z.B. Puls, Harn, Blutdruck, Blutkennwerte, EKG, EEG und Reaktionsvermögen. Nur bei den Blutkennwerten gab es während der Exposition im Feld gewisse Anstiege von Leukozyten, Neutrophilen und Retikulozyten aber nur im durchaus physiologischen Bereich und von vorübergehender Dauer. Es wird daher ein nur unspezifischer Reizeffekt angenommen. Pathologische Änderungen, Streßsymptome oder Veränderungen im Enzym- und Stoffwechselhaushalt waren nicht feststellbar.

Später stellte HAUF noch Langzeituntersuchungen durch vergleichende Beobachtung von Personen verschiedener Berufsgruppen an: langjährig tätige Hochspannungsmonteure im Gesundheitsvergleich mit Personen ohne Bezug zur Elektrotechnik. Auch hier ließ sich kein Unterschied im Allgemeinbefinden feststellen obwohl dies, wenn Feldwirkungen existieren, bei den langjährig in Feldern arbeitenden Monteuren hätte der Fall sein müssen. Zusammenfassend stellte HAUF fest, daß alles Suchen um schädigende Wirkungen des elektrischen Feldes erfolglos blieb. Es gibt keine Berufskrankheit in diesem Sinn ja nicht einmal entfernteste Anzeichen dafür.

Zum gleichen Ergebnis kam SCHAEFER (5), dessen Arbeiten ebenso richtungsweisend waren: Die von den Russen (4) festgestellten subjektiven Phänomene lassen sich mit keinem Modell deuten, welches von der Wirkung elektrischer Felder ausgeht, wohl aber von anderen Annahmen, die von der Existenz von Feldeinwirkungen unabhängig sind.

Man sucht, so meint SCHAEFER, nach Effekten, die es möglicherweise gar nicht gibt und dennoch wird von bestimmter Seite gefordert, solange zu suchen, bis man etwas findet. In der experimentellen Biologie pflegt der Weg der Forschung umgekehrt zu sein: man geht von unbestreitbaren Phänomenen aus und sucht nach deren modellmäßiger Erklärung.

Große Beachtung in der Fachwelt fanden auch die Langzeit-Tierversuche von BAYER, BRINKMANN et al. (7).

Wie die Darstellung in Bild 12 zeigt, wurde eine Gruppe von Ratten unter starken elektrischen Feldern gehalten, eine andere in feldfreien Bereichen rein äußerlich jedoch unter völlig gleichen Bedingungen. Mehr als ein Jahr lebten die Tiere unter diesen klar definierten Verhältnissen, ohne daß auch hier wissenschaftlich eindeutig Gesundheitsschäden festgestellt werden konnten.

Lassen Sie mich etwas zurückblenden: In Bild 4 wurde bereits der Unterschied erläutert, der sich im Feldverlauf durch die Form eines feldstörenden Körpers ergibt. So läßt sich - Bild 13 -, wenn man für das ungestörte Feld eine Bodenfeldstärke von 20 kV/m wählt, am Kopf eines stehenden Menschen durch die Konzentration der Äquipotentiallinien eine Feldstärke von 300 kV/m messen.

Will man dieselbe Feldstärke bei Ratten erreichen deren Körper mehr einer liegenden Halbellipse gleicht (2) - so muß man die ungestörte Bodenfeldstärke von 20 kV/m auf 100 kV/m erhöhen. Das sind ganz gewaltige Feldstärken, die in der praktischen Stromversorgung nie gebraucht werden! Und trotzdem - obwohl diese Feldstärken ohne jede Abschirmung über ein Jahr lang auf die Tiere einwirkten waren kaum

Änderungen im Verhalten und überhaupt keine pathologischen Änderungen feststellbar, die auf Gesundheitsschäden hätten hindeuten können.

Weiterhin wurden von SILNY (2) am Helmholtz-Institut für biomedizinische Technik zahlreiche Tierversuche mit Ratten und Katzen durchgeführt auch wieder mit dem gleichen Ergebnis: keine schädlichen vegetativen Effekte, keinerlei pathologische Veränderungen.

Es würde den Rahmen dieses Berichtes sprengen, alle deutschen Wissenschaftler namentlich zu nennen, die ebenfalls wertvolle Beiträge zur Beurteilung vermuteter Wirkungen elektrischer Felder lieferten. Noch weniger ist es möglich, die internationalen Bemühungen auf diesem Gebiet aufzuzeigen. So möchte ich nur noch auf eine Veröffentlichung der Weltgesundheitsorganisation (8) hinweisen, die zusammenfassend den heutigen Kenntnisstand vermittelt.

Bemerkenswert ist, daß es mit den Jahren immer selbstverständlicher wurde, Mediziner und Elektrotechniker im Team arbeiten zu lassen. Die Mediziner erhielten so Gewähr dafür, daß ihre Versuchseinrichtungen einwandfrei waren und ihre Forschung nicht durch unbeabsichtigte Nebeneffekte gestört wurde. Diese wichtige Voraussetzung fehlte bei allen früheren Versuchen und deshalb sind auch viele Forschungsergebnisse der ersten Zeit mit Mängeln behaftet. Man darf ihre Aussagen deshalb nur übernehmen, wenn sie dem heutigen Stand der Wissenschaft nicht widersprechen.

Fassen wir zusammen:

Übereinstimmend kam man im Rahmen internationaler Forschung zu dem Ergebnis, daß zumindest bis zu den untersuchten elektrischen Feldstärken von 20 kV/m auch bei längerer Einwirkungsdauer gesundheitliche Gefährdungen ausgeschlossen sind. Dies ist eine sehr wichtige Klarstellung, weil die in öffentlich zugänglichen Bereichen auftretenden Feldstärken um ein bis zwei Größenordnungen kleiner sind.

Was geschieht nun im Körper und speziell im Bereich der empfindlichen Gehirnzellen, wenn dort wie wir bereits hörten durch Feldeinwirkung Ströme zu fließen beginnen? Damit ist die Grundlagenforschung (siehe dazu 6, 10, 11, 12) angesprochen, deren Aussage zu diesem Thema ebenso wichtig ist.

Bevor jedoch die gestellte Frage beantwortet werden kann, muß zunächst darauf hingewiesen werden, daß alle unsere Sinnesrezeptoren, unsere Nerven und Muskeln, auf elektrische Reize reagieren; sie werden also durch Ströme aktiviert.

Bereits im Ruhestand herrscht in diesen Zellbereichen eine Wechselspannung, die - etwa im Gehirn als Elektroenzephalogramm (EEG) gemessen werden kann. Dieser Wechselspannung ist noch eine Gleichspannung überlagert, deren Potential sich bei Reizungen verändert.

Die Stromdichten in diesem Zusammenhang können für den Ruhezustand mit der Größenordnung von etwa  $0,1 \mu\text{A}/\text{cm}^2$  angegeben werden. Im Falle einer Nervenreizung erhöht sich dieser Wert auf das 230- bis 500fache; d.s. etwa 25 bis  $50 \mu\text{A}/\text{cm}^2$ . Bild 14 zeigt schematisch eine Nerven- oder Muskelzelle. Ihr Zellkern ist von einer hochohmigen Zellmembran umgeben, so daß Ruhestrome nicht eindringen können, sondern die Zelle umfließen. In diesem Zustand der Ruhe ist die Zelle polarisiert in der Form, daß in ihr ein Überschuß von Kaliumionen und außerhalb von ihr ein Überschuß von Natriumionen besteht.

Im Falle einer Reizwirkung also Anregung der Nerven- oder Muskelzellen kommt es zu einer Depolarisierung der Zelle; Kaliumionen fließen durch die Zellmembran nach außen, Natriumionen dringen ein.

Bleiben nachfolgend weitere Reize aus, so polarisiert sich die Zelle wieder, d.h. der ursprüngliche Ruhezustand tritt wieder ein.

Aus diesem Mechanismus wird verständlich, daß von außen in diesen Reaktionskreis eindringende Fremdströme (als feldverursachte Ströme) keinesfalls größer sein sollten als der natürliche körpereigene Ruhestrom. Wäre dies nämlich in merkbarem Umfange (Faktor 100) der Fall, so könnte es zu Reizwirkungen auf das Nerven- oder Muskelsystem kommen - und dies sollte unbedingt unterbleiben.

Glücklicherweise kommt dieser Forderung die Tatsache entgegen, daß die Größe von Fremdströmen also etwa von feldbedingten Verschiebeströmen - im Zellbereich des Kopfes von zwei Faktoren begrenzt wird:

die gute Leitfähigkeit der Kopfhaut und die schlechte des darunterliegenden Schädelknochens; nur ein kleiner Anteil des Stromes dringt daher überhaupt in das Nervengewebe des Gehirns ein,

die Tatsache, daß die Zellmembrane einen viel größeren Widerstand als der Bereich außerhalb der Zelle besitzt, so daß die Ströme örtlich zum größten Teil die Zellen umfließen und nicht eindringen.

Sie sehen, die Natur hat gut vorgebeugt; es ist dafür gesorgt, daß es nicht vorzeitig zu möglicherweise schädlichen Reizwirkungen kommen kann.

Erwähnenswert in diesem Zusammenhang sind auch die Forschungsergebnisse von BERNHARDT (9). Er konnte nachweisen, daß bei ausreichend großen Feldstärken, die natürlich auch entsprechende Verschiebestrome auslösen, Reizwirkungen sich auf den unteren Frequenzbereich - etwa bis 30 000 Hz beschränken. Bei noch höheren Frequenzen führen die Feldwirkungen dann mehr und mehr zur Wärmeerzeugung im Zellbereich; die Zelldipole beginnen zu schwingen. Dies sind im übrigen Wirkungen, die man sich bei Diathermiegeräten oder etwa beim Mikrowellenherd zunutze macht. Schließlich trennt die hohe Energie ionisierender Strahlung höchster Frequenzen (z.B. Röntgenstrahlen) Elektronen von den Molekülen der Gewebezellen und führt so zu organischen Schädigungen. Während also bei niedrigen Frequenzen kaum Energie in organische Substanz übertragen wird, ist dies mit Anhebung der Frequenz zunehmend der Fall. So schätzt man beispielsweise, daß bei gleicher Energiedichte ein Mensch in einem 50 MHz-Feld (Fernsehfrequenz) etwa um das  $10^{12}$ fache an Energie absorbiert, als in einem 50 Hz-Feld von Freileitungen. Dies alles gehört aber nicht mehr in den Themenkreis der Stromversorgung, den wir hier behandeln, sondern soll nur kurz auch über das Umfeld informieren.

Bild 15 zeigt den von BERNHARDT ermittelten Verlauf von Schwellwertkurven und den Verlauf des absolut sicheren Bereiches A in logarithmischer Darstellung. Die Kurve A gibt also Gewähr für absolute Wirkungslosigkeit, ohne daß bei deren Überschreitung unmittelbar auf Gefährdung geschlossen werden müßte.

Wir haben es im Falle der Stromeinwirkung auch das sollte noch hervorgehoben werden mit einem völlig anderen Mechanismus zu tun, als etwa bei der Einwirkung von Gift. Während sich viele Gifte wie z.B. Schwermetalle bei längerem Konsum im Körper speichern und in Summe schädigend wirken, ist dies bei Strom nicht möglich. Strom fließt nur, solange ein Feld einwirkt; schädigende Speicherwirkung gibt es nicht. Nur dann, wenn er die vorgegebenen Grenzwerte überschreitet und auf Dauer dieses Zustandes könnte es zu möglicherweise schädigenden Reizwirkungen kommen; genauer weiß man es heute noch nicht. Es wurde aber bereits begründet, daß selbst in Höchstspannungsschaltan-

lagen elektrische Felder von mehr als 20 kV/m kaum erreicht werden. Damit stellt sich das Problem der Grenzwertüberschreitung überhaupt nicht, weil erst bei elektrischen Feldstärken von mehr als 20 kV/m Fremdstromdichten in der Größenordnung von  $0,1 \mu \text{ A/m}$  im Bereich menschlicher Sinnesrezeptoren auftreten können.

Wegen der Bedeutung dieser Aussagen möchte ich nochmals zusammenfassen:

Die natürliche Ruhestromdichte im Nervenzellenbereich liegt mit weniger als 1 % weit unter der zur Reizaktivierung notwendigen Reizstromdichte.

Feldbedingte Fremdströme, kleiner als die natürlichen Reizstromdichten, können somit keine Wirkung haben.

Und dem wird die Stromversorgung mehr als gerecht!

So liegen beispielsweise die feldbedingten Fremdströme von Hausinstallationen etwa in den Größenordnungen von 0,001 bis 0,01 % der Reizstromdichte - also noch um Zehnerpotenzen unter den Ruhestromdichten.

Selbst wenn man im Freien in Spannfeldmitte unter Hochspannungsleitungen steht, sind auch dort nur Fremdströme in der Größenordnung von etwa einem Zehntel der Ruhestromdichten zu erwarten; also ebenfalls völlig unproblematische Werte. Man darf in diesem Zusammenhang nicht übersehen, daß es hier nicht um konkrete Zahlenwerte geht, sondern um Größenordnungen, seien es Reiz-, Ruhe- oder Fremdstromdichten. Der Abstand in Zehnerpotenzen ausgedrückt - ist also der Beurteilungsmaßstab. Schon daraus läßt sich erkennen, wie sinnlos jede Forderung ist, etwa in Wohnungen die an sich schon minimalen Felder durch aufwendige Nachinstallationen, noch weiter zu reduzieren. Wer solche Maßnahmen empfiehlt, kennt entweder die richtigen Zusammenhänge nicht, oder nutzt skrupellos das Informationsdefizit seiner Ansprechpartner für seine kommerziellen Interessen.

Das also ist das eingangs erwähnte üble Geschäft mit der Angst.

Schließlich lassen die aufgezeigten Zusammenhänge auch noch erkennen, daß das oft gebrauchte Argument, alte und kranke Menschen bzw. Kinder würden durch länger einwirkende elektrische Felder gefährdet, falsch ist. Zum einen gilt auch hier, daß die feldinduzierten Ströme um vier bis fünf Zehnerpotenzen unter dem notwendigen Reizniveau liegen, zum anderen, daß es bei Strom keinen Speichereffekt gibt. Die Erkenntnisse der Grundlagenforschung machen also verständlich, weshalb alle Bemühungen auf medizinischer Ebene fehlschlagen mußten, gesundheitsschädliche Wirkungen elektrischer Felder festzustellen; im Bereich üblicher technischer Feldstärken gibt es sie nicht.

Soviel zu den sogenannten unmittelbaren Einwirkungen elektrischer Felder. Neben den bisher beschriebenen Effekten gibt es nun auch noch verschiedene Erscheinungen, die man als Sekundäreffekte oder mittelbare Einwirkungen bezeichnet. Ein solcher Sekundäreffekt ist beispielsweise das Vibrieren der Haare im elektrischen Feld. Dies läßt sich bei Menschen feststellen, wenn die Feldstärken etwa 10 kV/m überschreiten.

Bild 16 zeigt den Zusammenhang. Die dünnen Haare werden in verstärktem Maße zu Ladungsträgern und diese Ladungen schwingen im Wechselfeld mit doppelter Frequenz. An sich ist diese Erscheinung völlig ungefährlich. Man muß aber hinzufügen, daß derartige Phänomene bei Tierversuchen als Nebeneffekte eine große Rolle spielen können. Bekanntlich sind die Barthaare vieler Tiere Tastorgane und als solche besonders empfindlich. Man muß verstehen, daß diese Tiere nicht wissend was geschieht in solchen Fällen sehr ängstlich reagieren, was schon oft zu Fehlinterpretationen von Versuchsergebnissen führte.

Sie alle kennen sicher auch die mit Aufladungserscheinungen verbundenen unangenehmen Effekte: kleine Funken, die beim Händedruck oder beim Angreifen einer Türklinke überspringen und uns oft auch beim Aussteigen aus dem Auto belästigen. Nun, derartige Effekte kann es auch unter Freileitungen geben, deren Bodenfeldstärke ausreichend groß ist etwa bei einer 380 kV-Leitung.

In Bild 17 zeigt NEWI (12) einige mögliche Varianten der Belästigung durch Verschiebeströme, die in ihrer Wirkung unterschiedlich groß sind. Es kommt das soll hier gezeigt werden sehr darauf an, ob die Person oder der berührte Gegenstand geerdet ist oder nicht, bzw. auch, wie groß eine isoliert aufgestellte Metallfläche ist, die berührt wird. Schließlich unterscheiden sich auch die Empfindungen einmaliger Entladungsimpulse (transiente Ströme) und ständig fließender Verschiebestrome.

Die Bilder 18 und 19 geben uns gewisse Anhaltspunkte für die Grenzen der Spürbarkeit, des unangenehmen Empfindens und der Zumutbarkeit. Dabei unterscheidet man zwischen einmaligen Entladungen und dauerndem Fließen eines Verschiebestromes. Gefährlich sind alle diese Sekundäreffekte in der Regel nicht aber zugegebenermaßen können sie als unangenehm empfunden werden, besonders wenn sie öfters oder länger wirken. Dann kann es schließlich sogar so weit kommen, daß diese Erscheinungen als Streß empfunden werden und damit auf das vegetative Nervensystem zu wirken beginnen. Damit aber sind durchaus Reaktionen wie Kopfweg, Müdigkeit, Übelkeit u.a.m. möglich. Es mag sein, daß die russischen Forscher in ihrem CIGRE-Bericht diesen Sekundäreffekten ihr Augenmerk schenkten und es so zu einer falschen Interpretation kam.

Wäre dem so, dann müßte allerdings festgestellt werden, daß man diesen Aufladungserscheinungen keineswegs wehrlos ausgeliefert ist, sondern mit einfachen technischen Maßnahmen wirksam Abhilfe schaffen kann.

Bild 20 zeigt Maßnahmen in diesem Zusammenhang. Beispielsweise schirmen Bepflanzungen in Leitungsnähe die elektrischen Felder wirksam ab. Auch sind elektrische Felder im Inneren von Gebäuden kaum noch meßbar. Die natürliche Feuchtigkeit von Holz, Mauern und Beton bietet ausreichende Leitfähigkeit, so daß die Verschiebestrome aufgenommen und zur Erde abgeleitet werden. Jedes Haus wirkt also wie ein Faraday'scher Käfig, den Sie sicher schon einmal im Deutschen Museum bewundert haben.

Auch technische Möglichkeiten der Abhilfe zeigt Bild 20. Vergrößert man den Bodenabstand der Leiterseile, so reduziert sich die Bodenfeldstärke - sie ist in jedem Falle unsere Meßgröße ganz beachtlich. Auch wenn Maste mit zusätzlichen Leitersystemen niedrigerer Spannung belegt werden etwa eine 110 kV-Leitung unter einer 380 kV-Leitung, oder eine 20 kV-Leitung unter einer 110 kV-Leitung wirkt sich dies sehr wirksam reduzierend für die Bodenfeldstärke aus. Weiterhin sollen in kritischen Fällen dies alles wird erst bei 380 kV aktuell überkreuzte Weidezäune geerdet werden; gleiches gilt für Dachrinnen oder Blechdächer, wenn Häuser zu überspannen sind. Schließlich ist es für größere Fahrzeuge also Autobusse ratsam, eine Kupferlitze nachzuschleppen, sofern die Reifen nicht halbleitend sind. Aussteigende Personen sind vor Aufladungserscheinungen selbst dann noch wirksam geschützt, wenn eine Haltestelle direkt unter einer 380 kV-Leitung liegen sollte. Wichtig ist es in allen diesen Fällen, die feldbedingten Ladeströme so zur Erde zu leiten, daß wesentliche Berührungsspannungen erst gar nicht entstehen.

Als wichtige Hinweise für die Gefährlichkeit elektrischer Felder werten Vertreter der Gegenseite oft die Reaktionen von Bienen im unmittelbaren Nahbereich von Höchstspannungsleitungen. Dazu muß gesagt werden,

daß Insekten außerordentlich empfindliche Sinnesorgane für elektrische Ladungen besitzen. Ihr Chitinpanzer, ihre feine Behaarung fördern die Wirksamkeit von Sekundäreffekten ganz gewaltig. Dies kann im Endeffekt dazu führen (13), daß in Bienenstöcken, die unmittelbar unter Höchstspannungsleitungen stehen, erhöhte Reizbarkeit und Sterblichkeit der Tiere beobachtet werden kann. Wenn man dies weiß, ist dem allerdings schnell abzuhelpfen. Indessen wäre es völlig falsch, aus den Ergebnissen von Tierversuchen unmittelbar Auswirkungen auf Menschen ableiten zu wollen.

Lassen Sie mich zusammenfassen:

Die in der Praxis auftretenden technischen elektrischen Feldstärken gehen aus Bild 2 hervor. Durchwegs handelt es sich um relativ niedrige und völlig ungefährliche Werte. Nur in Höchstspannungsschaltanlagen (750 kV und höher) wird Fachpersonal mit höheren Feldstärken beaufschlagt. Schutz vor Sekundäreffekten kann dann eine besondere Schutzkleidung bieten, die mit feinen Metallfäden durchwebt ist. Natürlich muß der Ladestrom über leitendes Schuhwerk abfließen können. Auch in Rußland handhabt man inzwischen den Personalschutz in ähnlicher Weise und hat die Bedenken der Gesundheitsgefährdung zurückgenommen.

Nun möchte ich über die Wirkungen des magnetischen Feldes berichten. Sie werden erkennen, daß die Magnetfelder von Stromversorgungsanlagen in öffentlichen Bereichen (14) überhaupt keine Rolle spielen, die auftretenden Ströme sind dazu viel zu klein. So liegen auch die maximalen Feldwerte um Zehnerpotenzen unter den zulässigen Grenzwerten, die für industrielle Prozesse notwendig sind. Wir können uns deshalb hier auch kürzer fassen.

## Das magnetische Feld

Auch magnetische Felder wirken auf unsere Erde seit Urzeiten. Alle Lebewesen haben sich darauf eingestellt; manche nutzen sie sogar und zwar vorwiegend für Zwecke der Orientierung.

Der Mensch hat inzwischen gelernt, weitaus stärkere Magnetfelder mit Hilfe der Elektrizität herzustellen und eisenhaltige Spulen wurden inzwischen zu den wichtigsten Bauelementen der Elektrotechnik; ohne sie gäbe es beispielsweise keine elektrischen Motoren.

War für die elektrische Feldstärke die Spannung maßgebend, so ist dies für die magnetische Feldstärke der Strom.

Gemessen wird die magnetische Feldstärke in A/m (Ampère je Meter). Üblicher ist es jedoch, die Dichte des magnetischen Flusses als Meßgröße zu wählen; ihre Einheit ist ein Tesla.

Aus Bild 21 geht nun hervor, mit welchen magnetischen Flußdichten wir im praktischen Leben rechnen müssen. Das magnetische Erdfeld mit 40 bis 50  $\mu\text{T}$  (in München 47  $\mu\text{T}$ ) sei als Vergleichsgröße genannt. Es ist allerdings nahezu ein Gleichfeld, während Magnetfelder unter Freileitungen 50 Hz Wechselfelder bzw. Drehfelder mit Werten zwischen 4 und 50  $\mu\text{T}$  sind.

Im Haushalt werden wir in der Regel mit weitaus größeren Magnetfeldern konfrontiert, aber auch alle diese Felder sind vernachlässigbar klein (mT-Bereich) im Vergleich zu den Magnetfeldern, die bei industrieller Anwendung erreicht werden. Und den Spitzenplatz bei der Anwendung von starken Magnetfeldern nimmt schließlich die Medizin ein. Bei der Kernspin-Tomographie, die inzwischen vielfach an die Stelle der Röntgengeräte getreten ist, werden Magnetfelder von 0,3 bis 2 Tesla gebraucht. Dies sind extreme Werte, die sich nur mit großem technischen Aufwand erreichen lassen. Wie entsteht ein Magnetfeld?



In Bild 22 wird das Entstehen von Magnetfeldern durch elektrischen Strom gezeigt. Fließt ein Strom durch einen geraden Leiter im Luftraum (Seil einer Freileitung), so bildet sich kreisförmig um diesen ein Magnetfeld, dessen Stärke proportional zum Abstand vom Leiter absinkt. Felder dieser Art sind relativ schwach, weil jede Verstärkung fehlt, die sich etwa durch große Windungszahlen und Eisenkerne ergeben könnte.

Wie wirkt nun das magnetische Feld auf Lebewesen? Die linke Hälfte von Bild 23 zeigt den beachtlichen Meßaufwand solcher Versuche (22). In der rechten Bildhälfte ist ein Tierversuch zu sehen und auch, wie rasch das magnetische Feld seitlich der Spulen abklingt. Von Wirkungen auf Menschen ist nur bekannt, daß sich bei größeren Feldstärken visuelle Reize einstellen können, d.s. Nervenreizungen im Augenbereich, die man "Phosphene" nennt. Gesundheitliche Störungen hat man allerdings bisher selbst dort nicht feststellen können, wo Menschen längerfristig in starken Feldern arbeiten. Bei den elektrischen Feldern wurde die Möglichkeit von Abschirmungen erwähnt. Diese Hilfe Bild 24 - gibt es bei magnetischen Feldern praktisch nicht.

Magnetische Felder durchdringen unbehindert den ganzen Körper von Lebewesen und können dort in Bereichen guter Leitfähigkeit (Blutbahnen) auch Wirbelströme induzieren. Daraus folgende Reizwirkungen oder auch Erwärmungen im Zellbereich sind jedoch erst bei Feldstärken feststellbar, die um Zehnerpotenzen über den Werten der praktischen technischen Anwendung liegen insbesondere im Bereich der öffentlichen Stromversorgung.

Auch die Erforschung möglicher gesundheitlicher Wirkung von Magnetfeldern stand lange Jahre im Mittelpunkt des Interesses vieler Wissenschaftler (2, 6, 9, 14, 22). Soweit es technische Frequenzen um 50 Hz betrifft, ist man sich inzwischen einig, daß magnetische Flußdichten bis 5 mT keine Effekte haben. Darüber hinaus sind nur die erwähnten "Phosphene"-Erscheinungen bekannt.

Nachdem wir nun die wichtigsten Wirkungsmechanismen elektrischer und magnetischer Felder kennengelernt haben, möchte ich nochmals auf meinen eingangs gebrachten Hinweis zurückkommen, daß es nicht die Felder, sondern die von ihnen verursachten Ströme sind, mit denen wir uns auseinandersetzen müssen. Bild 25 zeigt in vereinfachter Form, wie dies zu verstehen ist. Linker Hand sehen Sie die direkte galvanische Koppelung. Der Mensch berührt eine Stromquelle und schließt damit gemäß der darunter gezeigten Ersatzschaltung direkt den Stromkreis. In der Mitte finden Sie dargestellt, wie das elektrische Feld überbrückend auf kapazitivem Wege also mittels Verschiebestrom wiederum den Stromkreis schließt.

Rechts schließlich soll durch den in einer Spule stehenden Menschen zum Ausdruck kommen, daß durch die Wirkung des magnetischen Feldes auf induktivem Wege im Körper Wirbelströme gebildet werden.

Immer ist es also im Endeffekt der Strom, mit dem wir uns auseinandersetzen müssen und den es in Grenzen zu halten gilt.

Natürlich stellt sich nun sowohl bei elektrischen wie auch magnetischen Feldern die Frage nach Sicherheitsvorschriften. Der VDE arbeitet daran seit einigen Jahren und es ist davon auszugehen, daß ein Entwurf dieser Vorschrift noch im Sommer dieses Jahres der Fachwelt zur Diskussion vorgestellt wird. Die Vorschriften werden dann das gesamte Frequenzband von 0 Hz bis 3 000 GHz umfassen und zulässige Grenzwerte im Hinblick auf die Direkteinwirkung derartiger Felder auch im Niederfrequenzbereich von 0 bis 10 kHz nennen, der bisher in der bestehenden Norm 0848 nicht erfaßt war.

Für technische Frequenzen um 50 Hz können vorab schon folgende Hinweise gegeben werden:

Soweit es die unmittelbare Feldeinwirkung betrifft, wird der zulässige Grenzwert bei 20 kV/m liegen; für Fachpersonal werden sogar Werte bis 30 kV/m zugelassen.

Im Ausland sind die Entscheidungen zum größten Teil noch nicht gefallen. Das Thema ist auch bis 380 kV nicht sonderlich aktuell; wir leben schließlich schon knapp 30 Jahre mit solchen Leitungen und passen uns jetzt nur einer Entwicklung an, die heute für die USA und die UdSSR sehr wichtig ist: 750- und 1150 kV-Leitungen. Einige Länder allerdings haben offensichtlich bei der Formulierung ihrer Sicherheitsvorschriften des Guten zuviel getan, indem sie die Grenzwerte der elektrischen Felder so niedrig wählten, daß es zu Aufladungserscheinungen überhaupt nicht mehr kommen kann.

Sie übersahen bei der Wahl dieses zunächst sicher bequemen Weges, daß damit die Technik der Stromübertragung in gewaltige Schwierigkeiten kommt. Alle Hochspannungsleitungen müssen dann konsequenterweise extrem hoch gebaut werden bestimmt keine befriedigende Lösung. Letztlich werden diese Länder ihre Vorschriften eines Tages vermutlich korrigieren oder still darüber hinwegsehen. Das aber kann nicht Sinn einer Vorschrift sein.

Der Unbedenklichkeitsgrenzwert für magnetische Felder wird bei 5 mT liegen, ohne daß damit zum Ausdruck gebracht werden soll, daß von größeren Flußdichten gesundheitliche Schäden zu erwarten sind. Deshalb werden auch unterwiesenem Personal für Dauerexposition der Extremitäten und über kürzere Zeitspannen sogar für Ganzkörperexpositionen die zehnfachen Werte gestattet.

Nun können 5 mT bei hochsensiblen Personen bereits visuelle Reize auslösen. In diesen Fällen ist es geboten, den Grenzwert auf 2 mT zu reduzieren. Nehmen Sie jedoch bitte abschließend zur Kenntnis, daß im Bereich der Stromversorgung unter Freileitungen die magnetischen Feldstärken mit 0,004 bis 0,040 mT um Dimensionen kleiner sind. Magnetfelder unter Freileitungen wirken also in keiner Weise gesundheitsgefährdend.

Bevor das Kapitel Feldwirkungen abgeschlossen wird, soll nachstehend noch das Thema "Herzschrittmacher" angeschnitten werden. Immer mehr vor allem ältere Menschen erhalten mit ihnen eine lebenserhaltende Hilfe; es stellt sich die Frage, wie diese Geräte auf elektrische und magnetische Felder reagieren. In diesem Zusammenhang soll ein Bericht der Bonneville Power Administration, US Department of Energie (20) aus dem Jahr 1982 zitiert werden, der dieses Thema in verständlicher Weise behandelt.

Ich zitiere sinngemäß:

Unter gewissen Voraussetzungen können Spannungen und Ströme von Autozündanlagen oder auch von gewissen Haushaltsgeräten die Funktionsweise von implantierten Herzschrittmachern beeinträchtigen. In den mitgelieferten Gebrauchsanweisungen werden diesbezüglich Hinweise gegeben.

Demgegenüber gibt es nach unserem Wissen keine Veröffentlichung, in der über die Schädigung des Trägers eines Herzschrittmachers berichtet wird. Dennoch kann im Prinzip nicht ausgeschlossen werden, daß elektrische und magnetische Felder von Freileitungen die Funktionsweise einiger Herzschrittmacher beeinträchtigen können. Die ersten Herzschrittmacher stimulierten das Herz mit einer fest eingestellten Impulsrate (asynchroner Typ); sie wurden durch elektrische Einflüsse von außen wenig gestört.

Die neuen und weiter verbreiteten Herzschrittmacher sind synchrone Typen; sie sind normalerweise im sogenannten "Aus"-Zustand und geben an das Herz erst dann Impulse, wenn der Herzschlag sich verlangsamt oder ganz aussetzt. Ihre Funktion besteht darin, daß sie die elektrische Aktivität des Herzschlages überwachen.

Nun können in einigen Fällen Feldeinflüsse einen Ausfall der körpereigenen elektrischen Herzaktivität vortäuschen. In diesem Falle beginnt der Herzschrittmacher regelmäßig zu arbeiten, obwohl das Herz normal schlägt. Man spricht dann von einem asynchronen Betrieb aus Gründen der Sicherheit. Nach Auffassung von Herzspezialisten ist damit kein Gesundheitsrisiko verbunden.

Nun hängt die Empfindlichkeit eines Herzschrittmachers gegenüber Feldeinflüssen nicht nur von seiner Bauart, sondern auch davon ab, wie er im Körper implantiert ist. In der Regel sitzt der Herzschrittmacher knapp unter der Haut; ein oder zwei Drähte werden in Venen eingeführt, die zum Herz führen. Damit können elektrische Ströme, die beispielsweise durch elektrische und magnetische Felder im Körper entstehen, oder die durch direkte Berührung von spannungsführenden Teilen fließen und schließlich auch Ströme, die durch Aufladungserscheinungen ausgelöst werden, in diesen Drähten Spannungen induzieren.

Soweit es sich um zwei Drähte handelt, die in der Regel eng nebeneinander liegen, ist es unwahrscheinlich, daß dabei Spannungsdifferenzen entstehen, die den asynchronen Betrieb auslösen. Handelt es sich jedoch um Einzeldrähte, so kann dies nicht ganz ausgeschlossen werden. Allerdings ist es selbst unter ungünstigsten Bedingungen und unter Höchstspannungsleitungen (380 kV) sehr unwahrscheinlich.

In einer neueren Untersuchung in Großbritannien wurden freiwillige Patienten, die einen monopolen und mehrfach programmierbaren (also eindräftigen) Schrittmacher trugen, einem elektrischen 50 Hz-Feld mit 20 kV/m ausgesetzt.

Obwohl Körperströme bis zu 300  $\mu$ A flossen, gingen die Schrittmacher nicht in den asynchronen Betrieb über; auch andere schädliche Wirkungen wurden nicht registriert. Trotz aller dieser bereits gesammelten positiven Erfahrungen sollte dennoch Trägern von Herzschrittmachern vorsorglich empfohlen werden, sich nicht unmittelbar in Höchstspannungsschaltanlagen aufzuhalten und ebenso auch die Nähe von technischen Anlagen (Induktionsöfen, Generatorabteilung in Kraftwerken) zu meiden, in deren Bereich mit stärkeren Magnetfeldern zu rechnen ist. Zumindest sollte in solchen Fällen vorab geklärt werden, ob die implantierten Schrittmachertypen gegen Feldeinwirkungen empfindlich reagieren.

Sieht man von diesen technischen Anlagen ab, die außerdem auch nicht öffentlich zugänglich sind, so darf man aus allen bisher gesammelten Erfahrungen den Schluß ableiten, daß Träger von Herzschrittmachern durch allgemein zugängliche Einrichtungen der Stromversorgung oder durch elektrische Haushaltsgeräte nicht gefährdet sind.

Abschließend sollen nun noch die Auswirkungen von Koronaeffekten betrachtet werden:

### **Koronaeffekte an Drehstromleitungen**

Steigert man die an einen dünnen Draht angelegte elektrische Spannung laufend, so beginnt es zunächst mehr und mehr hörbar zu prasseln. Schließlich bildet sich rund um den Draht eine leuchtende Hülle mit blauvioletter Farbe, deren Dichte ebenfalls mit der angelegten Spannung wächst. Man nennt Erscheinungen dieser Art Koronaeffekte. Auch sie haben natürliche Vorbilder, die Ihnen unter dem Namen Elmsfeuer sicher bekannt sind.

## Feldstärken und Koronaeffekte

	In öffentlich zugänglichem Bereich	Maximal zulässig im Bereich techn. Anlagen
<b><u>Elektrische Felder</u></b>		
<b><u>Natürlich</u></b>		
Schönwetter	50 bis 500 V/m	
Gewitter	bis 20.000 V/m	
Hochgebirge mit Gewitter	bis 100.000 V/m	
<b><u>Technisch</u></b>		
Wohnung	5 bis 500 V/m	20.000 V/m
Unter Freileitungen	500 bis 6000 V/m	
In Hochspannungsanlagen	bis 20.000 V/m	
<b><u>Magnetische Felder</u></b>		
<b><u>Natürlich</u></b>		
Erdfeld	0,04 bis 0,05 mT	
<b><u>Technisch</u></b>		
Wohnung	0,1 bis 1,0 mT	5 mT (2 mT)
Unter Freileitungen	0,004 bis 0,05 mT	
Industrielle Prozesse	1,0 bis 50 mT	
Medizin	300 bis 2.000 mT	

### Korona

Korona-Verlustleistung	(380 kV)	2 kW/km Jahres-Mittelwert
akustische Geräusche	(110 kV) (380 kV)	25 bis 35 dB(A) 40 bis 50 dB(A)
Funkstörungen		auf Lang-, Mittel- und Kurzwelle, nicht im UKW- und Fernsehbereich
Ozonbildung	(380 kV)	1 g/kWh. Unter 380 kV vernachlässigbar
Ozonkonzentration		natürlich 50 bis 100 ppb zuzüglich 0,3 bis 1,0 ppb in 5 m Entfernung von den Seilen einer 380 kV-Leitung. Unter 380 kV vernachlässigbar
NO <sub>x</sub> -Konzentration	(380 kV)	vernachlässigbar

Wie erklärt sich nun dieser Effekt?

Mit zunehmender Spannung also vorwiegend im Höchstspannungsbereich treten auf Seilen und Armaturenkanten mit kleinem Krümmungsradius extrem hohe Feldstärken auf; die Luft im unmittelbaren Seil- oder Kantenbereich wird elektrisch durchschlagen. Dies sind die prasselnden Geräusche, die wir hören und auch die Lichterscheinungen, von denen die Rede war. Bild 26 Freie Elektronen werden durch das starke elektrische Feld so beschleunigt, daß ihre Bewegungsenergie ausreicht, neutrale Moleküle zu zerschlagen; es kommt also zur Stoßionisation bzw. Gasentladung.

Diese Koronaerscheinungen verursachen

- zusätzliche Übertragungsverluste
- Funktstörungen im unteren Frequenzbereich
- akustische Geräusche
- Ozon- und  $\text{NO}_x$ -Bildung.

Welche Möglichkeiten gibt es nun, Koronaerscheinungen in zulässigen Grenzen zu halten?

Man muß in diesem Zusammenhang wissen, daß die Durchbruchfeldstärke der Luft bei Schönwetter etwa 18 kV eff/cm (16) beträgt. Bei Schlechtwetter mit Regen, Nebel und bei Rauhreif sinkt dieser Wert schnell auf 11 kV eff/cm und darunter. Soll Korona unterbleiben, so muß durch die Wahl geeigneter Seilquerschnitte und Armaturen dafür gesorgt werden, daß die Randfeldstärke gewisse Werte nicht überschreitet. Technisch und wirtschaftlich sind Werte von weniger als 14 kV eff/cm allerdings kaum noch realisierbar. Bei schlechten Witterungsbedingungen läßt sich deshalb ein gewisser Koronapegel nicht vermeiden.

Wählt man beispielsweise bei hohen Betriebsspannungen zu dünne Seilquerschnitte, so breiten sich die Entladungen, wie Bild 27 zeigt, auf die gesamten Seillängen aus. Um derartige Erscheinungen zu vermeiden, gibt es mehrere Möglichkeiten Bild 28 Zunächst wurde versucht, bessere Ergebnisse durch Vergrößerung der Seilquerschnitte zu erzielen. Diese Möglichkeit ist wegen ihres Gewichtes allerdings begrenzt. Auch Hohlseile brachten nicht den gewünschten Erfolg; sie waren außerdem seiltechnisch zu kompliziert. Sehr gute Ergebnisse lassen sich hingegen mit den in den 20er Jahren entwickelten Bündelleitern erzielen, die sich inzwischen auch weltweit durchgesetzt haben.

Heute werden alle Höchstspannungsleitungen (über 110 kV) mit Leiterbündeln ausgerüstet; man erreicht damit bezüglich Koronafestigkeit die Grenze des technisch Machbaren.

Bei Schlechtwetter kommt es zwangsläufig auf den Seilen zur Tropfenbildung. Diese Tropfen zerplatzen nun unter Einwirkung der Randfeldstärken und verstärken auf diese Weise das zischende und prasselnde Geräusch der konstruktiv bedingten Restkorona noch ganz beachtlich. Eine Eliminierung dieses Effektes ist nicht möglich. Die Stärke von Korona-geräuschen kann sich dabei im Rahmen einer Zehnerpotenz bewegen.

Koronaeffekte sind also abhängig:

- vom Aufbau der Seilbündel
- von der jeweiligen Witterung und
- von der Betriebsspannung der Leitung, wobei auch die lastbedingten täglichen Spannungsschwankungen mit eine Rolle spielen können.

Man kann deshalb für den Einsatz des Koronaeffektes auf Freileitungen keinen festen Wert angeben. Eine Beschreibung mit statistischen Grenz-

werten wird notwendig, sei es in Form eines statistischen Kurvenverlaufes, oder durch Angabe des üblichsten und des untersten Wertes.

Beispielsweise liegen bei einer 380 kV-Leitung je System die mittleren jährlichen Koronaverluste um 2 kW/km. Dem entspricht ein mittlerer Schönwetterwert von 0,7 kW (80 % des Jahres) und ein mittlerer Schlechtwetterwert von 10 kW/km (20 % des Jahres) (17).

Je nach Bündelausbildung liegen die akustischen Geräuschpegel von 380 kV-Leitungen bei Feuchtigkeit zwischen 40 und 50 dB(A). Gehen wir davon aus, daß der Grundgeräuschpegel um 40 dB(A) liegt, dann erreicht der Summenpegel eines Zweifachbündels rund 51 dB(A), der eines Vierfachbündels rund 45 dB(A); jeweils gemessen in 40 m Entfernung seitlich der Trassenachse. Das sind bemerkenswerte Unterschiede, die es begründen können, daß trotz erheblicher Mehrkosten heute dem Vierfachbündel beim Bau von neuen Höchstspannungsleitungen desöfteren der Vorzug gegeben wird. Natürlich ist es aber auch möglich, den Koronageräuschpegel durch stärkere Seilquerschnitte zu verbessern.

Koronageräusche von 110 kV-Leitungen bleiben allerdings unter dem zulässigen Geräuschpegel, der in den Nachtstunden im Bereich reiner Wohnsiedlungen 35 dB(A) nicht überschreiten darf.

Die Behauptung, daß Koronaerscheinungen Funk- und Fernsehstörungen verursachen würden, stimmt so pauschal nicht.

Bild 29 - zeigt, daß Korona nur im Frequenzband von 0,15 MHz bis etwa 4 MHz (19) störend wirkt. Dies führt zwar in Leitungsnähe zu Störungen im Lang-, Mittel- und Kurzwellenbereich; ungestört bleiben jedoch alle UKW- und Fernsehfrequenzen. Ihre Bandbreite von etwa 80 bis 700 MHz und darüber besitzt von den Störfrequenzen ausreichende Abstände.

Natürlich können von Freileitungen durchaus Funk- und Fernsehstörungen ausgehen. Dies ist etwa der Fall, wenn es durch Mängel (etwa lockere Erdverbindungen) zu Aufladungserscheinungen mit Funkenbildung kommt. Dies hat jedoch mit Korona nichts zu tun und läßt sich im Rahmen von Wartungsarbeiten beseitigen.

Seit etwa zwei Jahren wird von Freileitungsgegnern behauptet, Koronaerscheinungen seien für das Waldsterben verantwortlich; sie begründen dies mit dem Hinweis, daß durch diesen Effekt Ozon und Stickoxide entstehen.

Im Prinzip trifft dies zwar zu, doch macht man sich dabei offensichtlich völlig falsche Vorstellungen über die dabei produzierten Mengen.

Es soll deshalb auch hier wieder versucht werden, zunächst Grundlagen aufzuzeigen, um anschließend dann mit Zahlen konkrete Relationen zu schaffen (10, 17, 20, 21).

## Ozon

Ozon bildet sich in Prozessen aus atmosphärischem Sauerstoff und der Strahlungsenergie der Sonne unter Abgabe von Wärme.

Vorwiegend spielt sich dieser Prozeß in Höhe von 15 - 70 km ab; jährlich werden auf diese Weise etwa 140 000 000 t Ozon erzeugt. Würde man dieses Spurengas allerdings konzentrieren, so ergäbe sich eine nur ca. 3 Millimeter dicke Schicht reinen Ozons rund um den Erdball.

Der Ozongürtel absorbiert die für uns tödliche UV-A-Strahlung völlig (Wellenlänge kürzer als 290 Nanometer), und schützt uns teilweise vor der UV-B-Strahlung (Wellenlänge 290 - 320 Nanometer), die beim Menschen z.B. Sonnenbrand verursacht. Ozon ist ein sehr aktives, aber auch sehr instabiles Gas. Es zerfällt also wieder relativ schnell, wobei seine Halbwertszeit etwa zwischen 20 Minuten und einer Stunde liegt; Feuch-

tigkeit wie etwa Regen beschleunigt dabei den Zerfallsprozeß. Da der ständigen Ozonerzeugung auch ein ständiger Zerfall gegenübersteht, bildet sich ein Gleichgewichtszustand aus, der in der Stratosphäre zu den eingangs erwähnten Werten führt.

Wenn sich dieser Prozeß auch vorwiegend in großen Höhen abspielt, so entsteht doch ein weiterer Teil der Ozonkonzentration in bodennahen Bereichen auf gleiche Weise. Vor allem gilt dies für Reinluftgebiete, in denen die Ozonkonzentration im Mittel um 30 ppb (parts per billion; amerikanisch  $10^9$ ) liegt. Dieser Wert unterliegt allerdings Schwankungen, wobei im Sommer das Niveau höher liegt als im Winter. Wärme ist also ein wesentlicher, mitwirkender Faktor. In besiedelten Gebieten insbesondere in Ballungsräumen entsteht Ozon zusätzlich auch noch durch photochemische Reaktionen. Wichtige Ausgangspunkte sind dabei Stickoxide und reaktive Kohlenwasserstoffe; sie entstehen bei der Verbrennung organischer Substanzen, also etwa durch Verkehr, Industrie und Hausbrand. Die damit verbundene Anhebung des Ozonpegels ist beachtlich, sie erreicht Werte bis über 100 ppb. Der Sommer- und Winterpegel wird dabei noch durch einen Tag- und Nachtpegel stark überlagert; in der Regel mißt man die Höchstwerte in den Nachmittagsstunden, weil Wärme stark reaktionsfördernd wirkt.

## Stickstoffoxide ( $\text{NO}_x$ )

Stickstoffoxide entstehen wie schon erwähnt bei der Verbrennung organischer Substanzen, ebenfalls aber auch durch die Strahlungsenergie der Sonne und bei elektrischen Entladungen - also etwa bei Gewittern. Auch dazu einige Zahlen:

Es werden in der Bundesrepublik jährlich durch

Hausbrand (Heizung) etwa 140 000 t  
 industrielle Prozesse etwa 580 000 t  
 Verkehr etwa 1 340 000 t

erzeugt. Dies ist beachtlich, wenn auch durch die Strahlungsenergie der Sonne weltweit noch wesentlich größere Mengen entstehen - nämlich rd. 770 000 000 t.

Da Stickstoffoxide an der bodennahen Ozonbildung beteiligt sind, geben die für die Bundesrepublik genannten Zahlen bereits Hinweise dafür, daß eine beachtliche Ozonproduktion durch Verbrennungsprozesse ausgelöst wird. Deshalb auch liegt in Ballungsräumen die Ozonkonzentration über den Werten in Reinluftgebieten; Werte um 50 ppb sind nicht ungewöhnlich.

Ähnlich wie bei gewitterbedingten Blitzentladungen entsteht durch Elmsfeuer (im technischen Bereich Korona genannt) oder auch in Lichtbögen (im Bereich industrieller Anwendung) ein Gasgemisch, das sich etwa zu 90 % aus Ozon und zu rd. 10 % aus Stickstoffoxiden zusammensetzt.

Um welche Menge geht es nun?

Theoretisch müßte man mit einer Kilowattstunde 1 200 g Ozon erzeugen können.

Praktisch lassen sich selbst mit speziell konstruierten Ozongeneratoren je kWh nur 150 g Ozon erzeugen; der überwiegende Anteil setzt sich prozeßbedingt in Wärme um.

Noch wesentlich schlechter ist der Wirkungsgrad der Ozonerzeugung durch Freileitungskorona. Meßbar ist sie überhaupt nur dort, wo an einzelnen Störstellen (wie Staubablagerung, Verletzungen der Drahtoberfläche oder Regentropfen) die Durchbruchfeldstärke erreicht bzw. über-

überschritten wird. Auch beschränkt sich die meßbare Ozonerzeugung auf positive "Streamer"-Entladungen (Bild 26).

Zusammenfassend läßt sich aufgrund von Versuchen nachweisen, daß die Ozonerzeugung einer 380 kV-Leitung durchschnittlich nicht mehr als 1 g/kWh beträgt. Bei Regen und Feuchtigkeit liegen die Werte etwas höher; allerdings gleicht die durch feuchte Witterung bedingte Verkürzung der Halbwertszeit dies wieder aus.

Über das Jahr gesehen, betragen die mittleren Koronaverluste eines 380 kV-Systems je km 2 kW bzw. 2 kWh. Dem entsprechen 2 g Ozon/h u. km Stromkreislänge. Wie unbedeutend dies ist, kommt auch dadurch zum Ausdruck, daß schon in 5 m Abstand von einem 380 kV-System nur noch eine Änderung der natürlichen Ozonkonzentration von 0,3 bis max. 1,0 ppb gemessen werden kann; in größeren Entfernungen - etwa am Boden unter einer 380 kV-Leitung - ist eine Abweichung von den Umgebungswerten überhaupt nicht mehr nachweisbar.

Dieser Tatsache steht entgegen, daß in Ballungsräumen durch Verkehr, industrielle Prozesse und Hausbrand die natürliche Ozonkonzentration von 30 ppb auf Werte bis über 100 ppb angehoben wird.

Diese vergleichende Betrachtung ist notwendig, wenn Höchstspannungsleitungen in Diskussionen einbezogen werden, die sich mit dem Thema "Waldsterben" befassen. Schließlich noch zwei weitere wichtige Argumente, die ebenfalls gegen eine vermutete Mitwirkung der Freileitungen an dem Waldsterben sprechen:

Koronaerscheinungen an Freileitungen mit Betriebsspannungen unter 380 kV (also 20 kV und 110 kV) sind so minimal, daß Veränderungen der natürlichen Ozonkonzentration überhaupt nicht mehr meßtechnisch nachweisbar sind.

Das bundesdeutsche 380 kV-Freileitungsnetz mit einer Stromkreislänge von insgesamt rd. 11 000 km könnte, wenn überhaupt, wegen der kurzen Halbwertszeit des Ozons ohnedies nur in eine Diskussion über Waldschäden mit einbezogen werden, soweit einzelne Leitungsabschnitte sich in unmittelbarer Waldnähe befinden; dies ist ein sehr geringer Prozentsatz der Gesamtlänge. Es kommen also keine breitflächig wirkenden Bereiche zustande, wie sie etwa bei Ballungsräumen gegeben sind.

Auch soweit es das Waldsterben betrifft, sind somit die Freileitungen völlig unbegründet in die Schußlinie der Diskussionen geraten.

Man muß vielmehr, sollte Ozon wirklich einer der auslösenden Faktoren sein, den Hebel dort ansetzen, wo er wirksam werden kann:

beim Verkehr, bei industriellen Prozessen und beim Hausbrand.

Zieht man nunmehr Bilanz, so schneiden die Freileitungen in ihrer Bewertung als Umweltfaktor relativ gut ab. Alle Vermutungen über angebliche Gefährdungen der Umwelt und der menschlichen Gesundheit erweisen sich bei näherer objektiver Betrachtung als nicht stichhaltig.

Wie ist es nun aber zu verstehen, daß in der breiten Öffentlichkeit nach wie vor die Vorurteile überwiegen? Liegt es an mangelnder Informationsfreudigkeit der Stromversorger? Sicher nicht!

Es scheint vielmehr an den Menschen selbst zu liegen, daran, daß sie viel sensibler auf Sensationen und schlechte Meldungen reagieren, als auf positive Sachverhalte. Nicht umsonst heißt es in Medienkreisen scherzhaft: "Nur schlechte Nachrichten sind wirklich gute Nachrichten!" Journalisten müssen es wissen; sie leben schließlich vom Verkauf ihrer Nachrichten.



Und so gesehen ist es auch verständlich, daß etwa eine VDE-Pressemitteilung, die sich mit dem Unfug mancher "baubiologischer Institute" befaßte, in der Tagespresse einfach nicht absetzbar war. Ja, selbst ein für die Information von Elektroinstallateuren zuständiges Fachblatt hatte damit große Probleme und zwar deshalb, weil man in "baubiologischen Hausinstallationen" das Geschäft der Zukunft sah.

Traurige Aspekte!

Doch solange sich an der Grundeinstellung der Öffentlichkeit nichts ändert und man Sensationsberichten mehr Glauben schenkt als der Aussage von Fachleuten, wird es schwer bleiben, sensiblen Menschen klarzumachen, daß sie im Grunde nur Opfer psychogener Effekte sind.

## Literatur

- (1) HAUF, R.:  
Untersuchungen zur Wirkung energietechnischer Felder auf den Menschen. Beitrag zur ersten Hilfe und Behandlung von Unfällen durch elektrischen Strom. Sonderheft, H. 9, Forschungsstelle für Elektro-  
patologie, Freiburg
- (2) SILNY, J. (1979):  
Wirkung elektrischer Felder auf den Organismus. Medizinisch-Technischer Bericht, Institut für Erforschung elektrischer Unfälle. Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln
- (3) SCHNEIDER, K.H., STUDINGER, H., STEINBIGLER H., UTMÍSCHI D., WECK, K.H., WIESINGER, I. (1974):  
Displacement currents to the human body caused by the dielectric field under overhead lines. CIGRÉ Report Group 36
- (4) KOROBKOVA, V.P., MOROZOV, A., STOLAROV, D., YAKUB, A. (1972):  
Influence du Champ électrique dans les postes à 500 et 750 kV sur les équipes d'entretien et les moyens de leur protection. Cigré-Bericht 23-06 Session de 1972
- (5) KÖNIG, H.:  
Unsichtbare Umwelt, der Mensch im Spielfeld elektromagnetischer Kräfte, Eigenverlag München
- (6) SCHAEFER, H.:  
Die Wirkungen elektrischer technischer Wechselfelder hoher Feldstärke auf den Menschen. 6. Internat. Kolloquium über die Verhütung von Arbeitsunfällen und Berufskrankheiten durch Elektrizität IVSS. Wien, Schlußbericht
- (7) BAYER, A., BRINKMANN, J., WITTKÉ, G. (1977):  
Experimentelle Untersuchungen an Ratten zur Frage der Wirkung elektrischer Wechselfelder auf Lebewesen; Elektrizitätswirtschaft 76, H. 4, S. 77 81, 6 B
- (8) WORLD HEALTH ORGANIZATION:  
Regional Office for Europe, Copenhagen, Nonionizing-Radiation-Protection

- (9) BERNHARDT, J.H. (1983):  
Gefährdung von Personen durch elektromagnetische Felder. StH-Bericht 2
- (10) ELECTRICITÉ DE FRANCE:  
Les lignes de transport et l'environnement
- (11) KARL, R.:  
Methoden zur Bestimmung der Stromverteilung im menschlichen Körper; Tätigkeitsbericht als Mitarbeiter der Forschungsstelle für Elektrophatologie Freiburg
- (12) NEWI, G. et al.:  
Biologische Wirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder; expert-Verlag, Band 106
- (13) WARNKE, U. (1976):  
Effects of electric charges on honeybees. Bee World 57, 50
- (14) HAUBRICH, H.-J. (1974):  
Das Magnetfeld im Nahbereich von Drehstromfreileitungen. Elektrizitätswirtschaft Jg. 73, Heft 18
- (15) SANDER, R. (1983):  
Biologische Wirkungen magnetischer 50 Hz-Felder. Medizinisch-Technischer Bericht, Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle. Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln
- (16) LANGREHR, H.:  
Rechnungsgrößen für Hochspannungsanlagen
- (17) FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT FÜR HOCHSPANNUNGS- UND HOCHSTROMTECHNIK E.V. (FGH):  
Fachbericht: Die Erzeugung von Oxidantien an Hochspannungsfreileitungen durch Koronaentladungen
- (18) RENNER, W.:  
Die Auswahl der Leiterseile beim Ausbau des österreichischen 380 kV-Netzes E und M Jahrgang 84, Heft 11
- (19) CIGRÉ (= Conférence International des Grands Réseaux Elektriques) (1974):  
Interferences Produced by Corono effect of electric systems. Description of Phenomena, Practical Guide for Culculation. Sonderdruck des Cigré 112 bd. Haussmann; Paris
- (20) LEE, J., BRUNKE, J., LEE, G., REINER, G., SHON, F. (1982):  
Bonneville Power Administration, US Department of Energie; Elektrische und biologische Effekte unter Freileitungen: ein Überblick
- (21) LUGE, J. (1985):  
Das Ozonproblem und der Versuch einer völkerrechtlichen Lösung. Natur + Recht, Heft 1

- (22) SILNY, J. (1981):  
Beeinflussung des Organismus durch starke niederfrequente magnetische Felder. Medizinisch-Technischer Bericht, Institut zur Erforschung elektrischer Unfälle. Berufsgenossenschaft Feinmechanik und Elektrotechnik, Köln

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Hermann Berndt  
Isar-Amperwerke  
8000 München

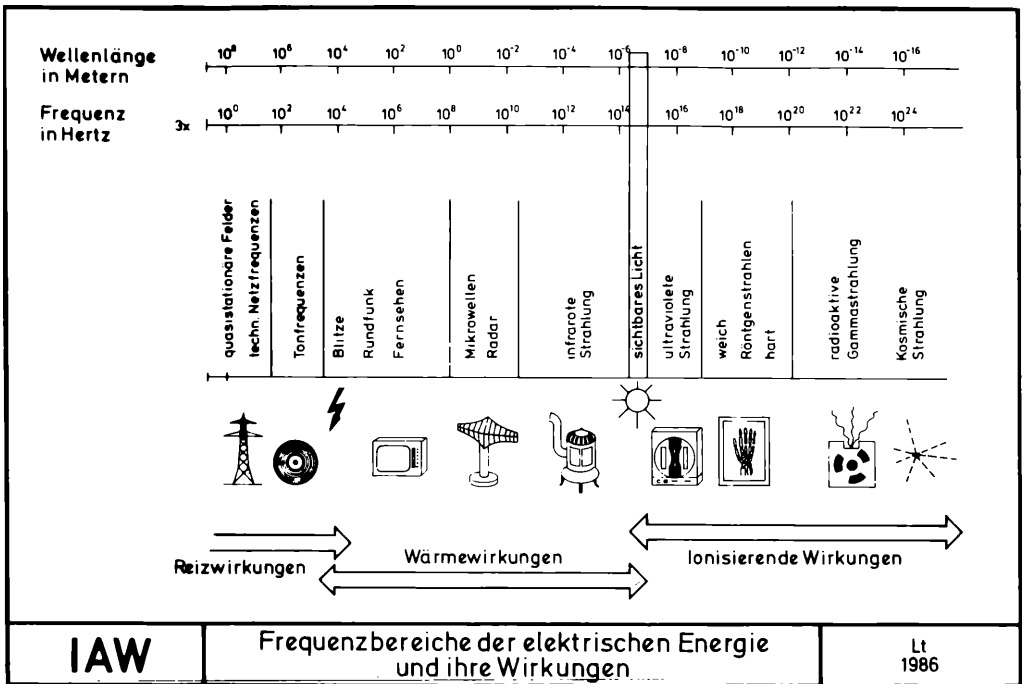


Bild 1

<u>Feldstärken unter Freileitungen</u> (gemessen in 1 m Höhe über Erdboden)			<u>Feldstärken innerhalb von Gebäuden</u> (gemessen in 30 cm Abstand von Gerät)	
20 kV-Leitungen	500 bis	1000 (V/m)	Elektrischer Kochherd	8 (V/m)
110 kV-Leitungen	1000 bis	2000 (V/m)	Toaster	80 (V/m)
220 kV-Leitungen	2500 bis	6000 (V/m)	Heizdecke	500 (V/m)
380 kV-Leitungen	5000 bis	6000 (V/m)	Bügeleisen	120 (V/m)
750 kV-Leitungen	10000 bis	12000 (V/m)	Boiler	260 (V/m)
1150 kV-Leitungen	12000 bis	20000 (V/m)	Haarfön	80 (V/m)
			Verdampfer	80 (V/m)
			Kühlschrank	120 (V/m)
			Farbfernseher	60 (V/m)
			Stereoempfänger	180 (V/m)
			Kaffeemaschine	60 (V/m)
			Staubsauger	50 (V/m)
			Uhr	30 (V/m)
110 kV-Schaltanlagen	2000 bis	3000 (V/m)	Handmixer	100 (V/m)
220 kV-Schaltanlagen	5000 bis	6000 (V/m)	Glühlampe	5 (V/m)
380 kV-Schaltanlagen	10000 bis	15000 (V/m)		
Von außen in das Haus wirkende Felder bei Gebäudeüberspannung				20 (V/m)

**IAW**      **Elektrische Felder außerhalb und innerhalb von Gebäuden**      **Lt 1986**

Bild 2

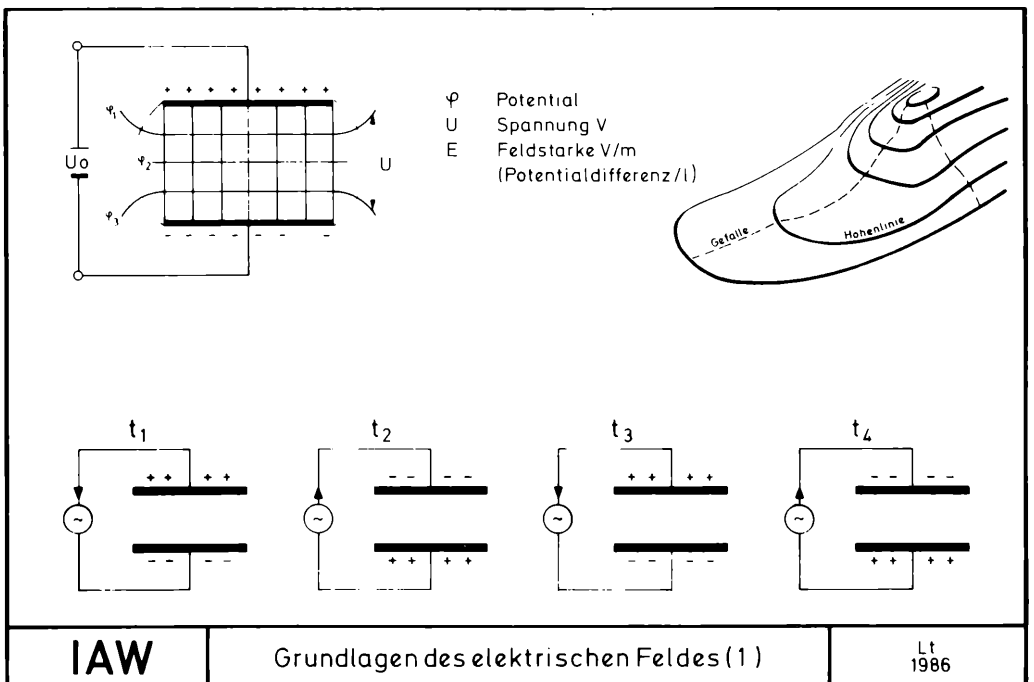


Bild 3

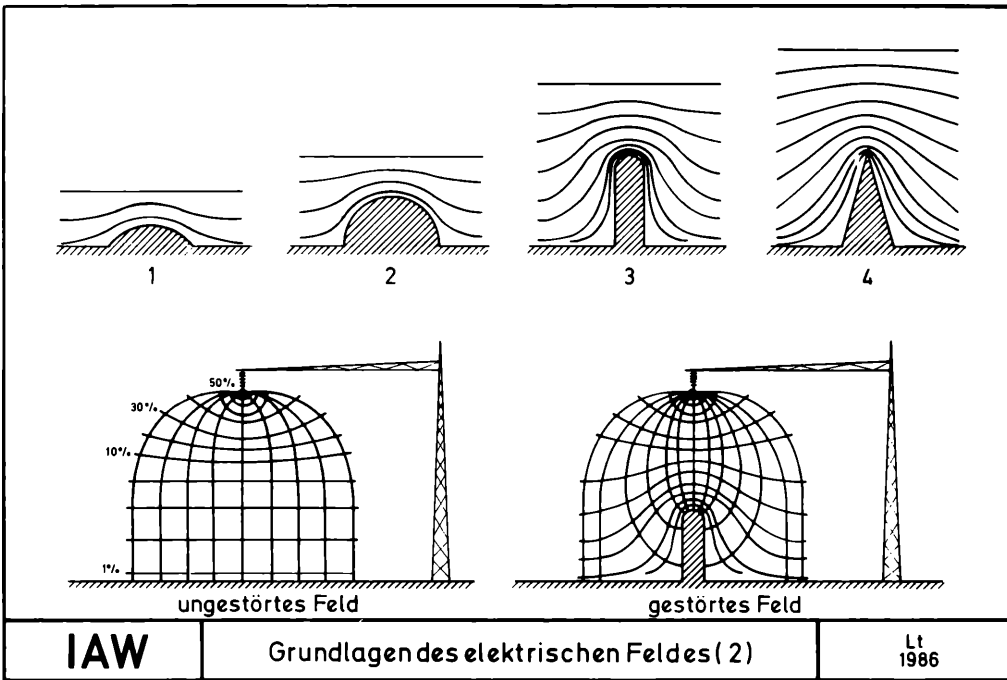


Bild 4

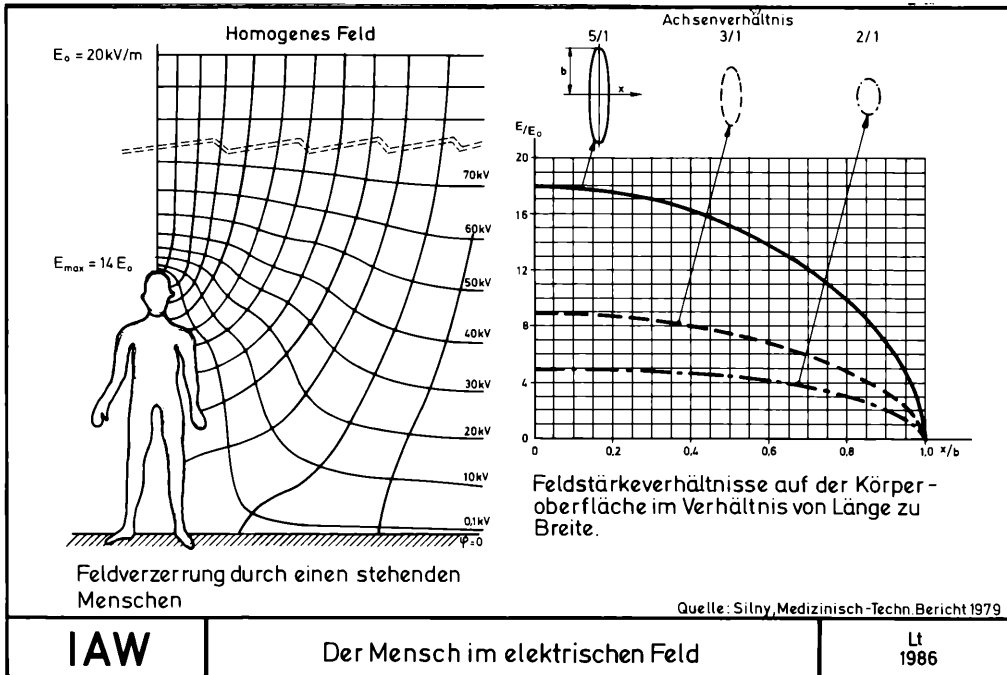


Bild 5

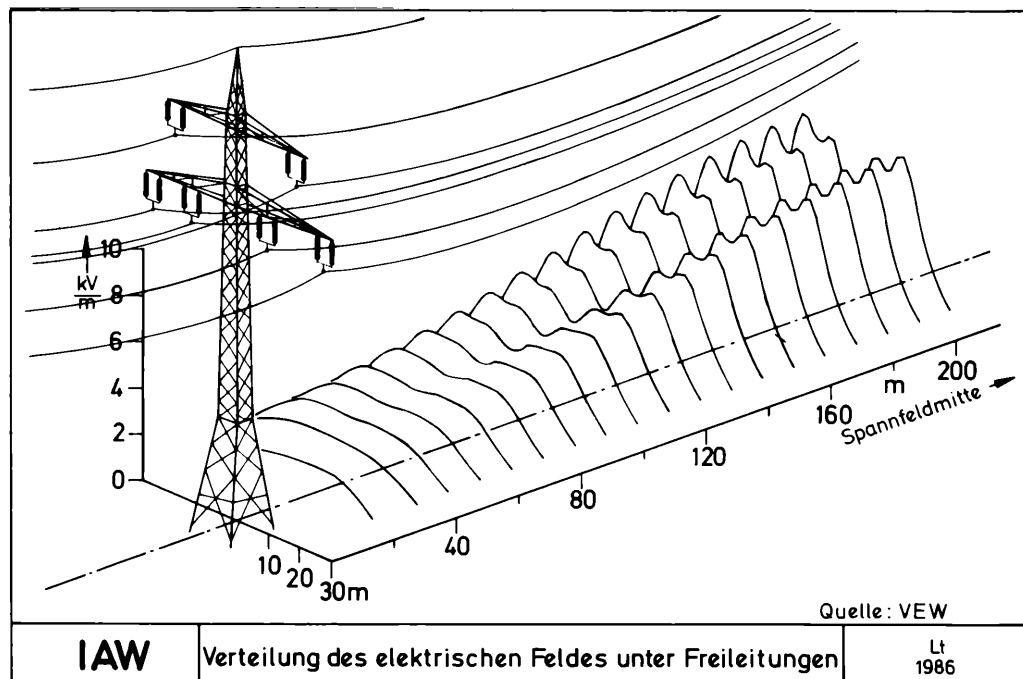


Bild 6

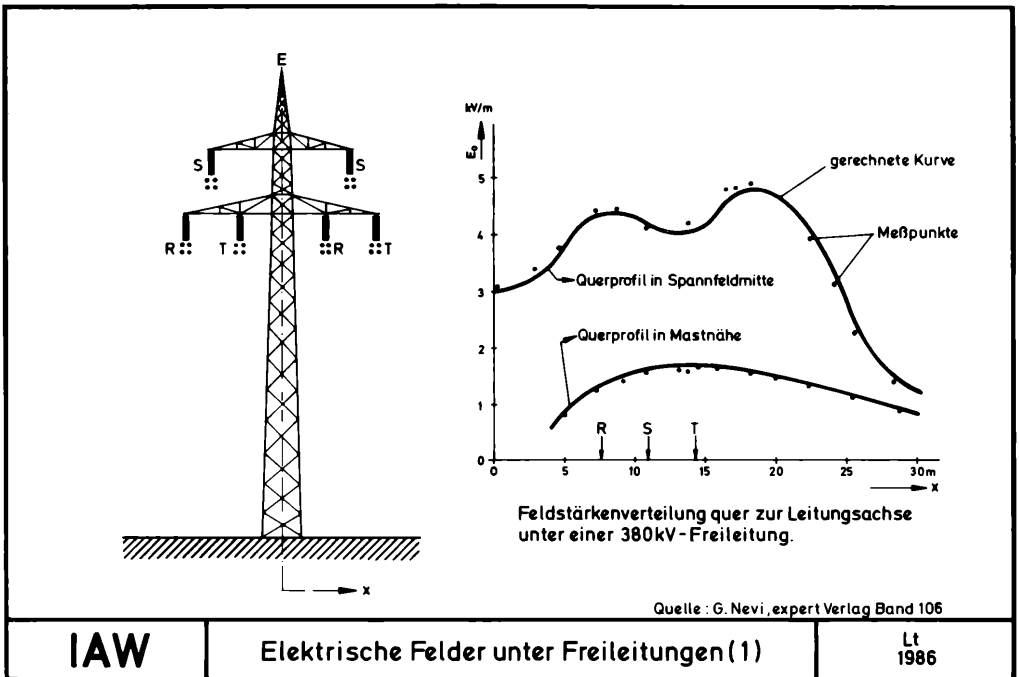


Bild 7

**IAW**

Elektrische Felder unter Freileitungen (1)

Lt 1986

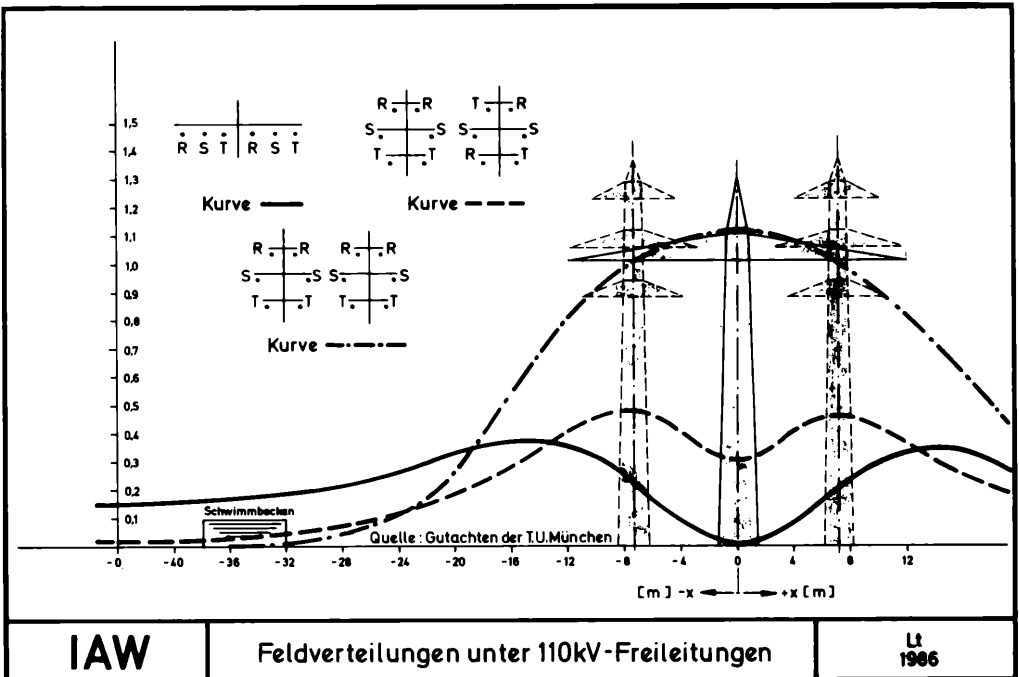


Bild 8

**IAW**

Feldverteilungen unter 110kV-Freileitungen

Lt 1986

Lfd. Nr.	Elektrische Feldstärke	Zulässige Aufenthaltsdauer von Personal in elektrischen Feldern im Zeitraum von 24 Stunden	Bemerkungen
	kV/m		
1	5	unbegrenzt	Die Punkte 2, 3, 4 und 5 dieser Vorschrift sind variabel  1. wenn ein Monteur sich die restliche Zeit in elektrischen Feldern mit Feldstärken kleiner als 5 kV/m aufhält  2. wenn keine Aufladungserscheinungen zu erwarten sind
2	10	180	
3	15	90	
4	20	10	
5	25	5	

**Zulässige Aufenthaltsdauern in elektrischen Feldern von 500- und 750 kV-Höchstspannungsschaltanlagen der UdSSR**  
 V.P. KOROKOVA, YU. A. MOROZOV, M. D. STOLAROV & YU. A. YAKUB

Bild 9

**IAW**

Aufenthaltsdauern in elektrischen Feldern nach dem CIGRE-Bericht 23-06 Session de 1972 der UdSSR

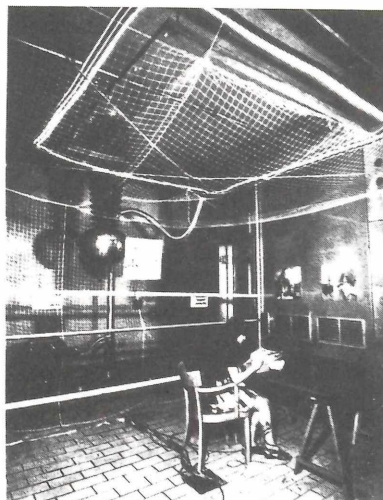
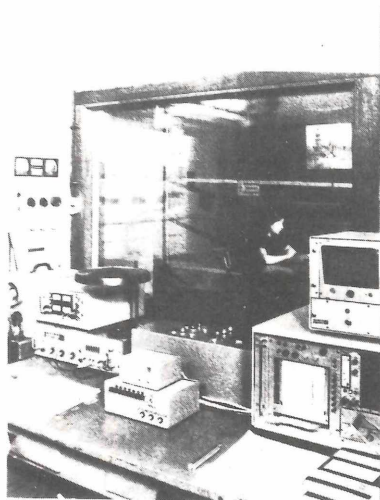
Lt 1986

elektrotechnischer Parameter	Tier	Feldstärke	Bestrahlungsdauer min.	Temperaturanstieg °C	7 tödlicher Ausgang	Bemerkungen
konstantes Magnetfeld	Fliege	9600 kA/m 12 Tesla	60	-	100	statisches Magnetfeld
50 - 500 Hz 50 Hz 500 Hz	Maus	650 kV/m 650 kV/m 650 kV/m	60 - 120 270 90	- - -	70 - 90 50 50	elektrische Niederfrequenzen
14,88 MHz	Ratte	9 kV/m 5 kV/m	10 100	- -	100 80	elektromagnetische Hochfrequenzfelder (UKW)
69,70 MHz		5 kV/m 2 kV/m	5 100	- -	100 80	
200 MHz	Hund Hund Meerschweinchen Meerschweinchen Meerschweinchen Kaninchen	330 mW/cm² 220 mW/cm² 590 mW/cm² 410 mW/cm² 330 mW/cm² 165 mW/cm²	15 21 20 20 20 30	5 4,1 5,9 4,2 4,1 6-7	50 25 100 67 100 100	elektromagnetische Hochfrequenzfelder (Fernsehen)
2800 - 3000 MHz gepulst	Hund Kaninchen Kaninchen Ratte Ratte Ratte	165 mW/cm² 300 mW/cm² 100 mW/cm² 300 mW/cm² 100 mW/cm² 40 mW/cm²	270 25 103 15 25 90	4-6 6-7,5 4-5 8-10 6-7 -	100 100 100 100 100 100	Mikrowellen

Quelle: H. L. König, Unsichtbare Umwelt

<b>IAW</b>	<b>Wirkung extremer Feldstärken auf Tiere</b>	<b>Lt 1986</b>
------------	---	----------------

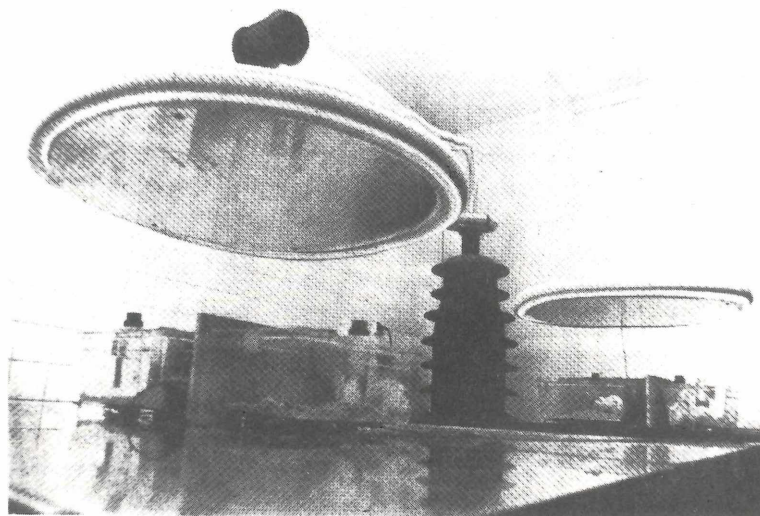
Bild 10



Quelle: R. Hauf; Ärztliche Praxis

<b>IAW</b>	<b>Einwirkung elektrischer Felder auf Versuchspersonen</b>	<b>Lt 1986</b>
------------	--	----------------

Bild 11



Quelle: Brinkmann; Elektrizitätswirtschaft Heft 4/1977

<b>IAW</b>	<b>Langzeitversuche mit Ratten im elektrischen Feld</b>	<b>Lt 1986</b>
------------	---	----------------

Bild 12

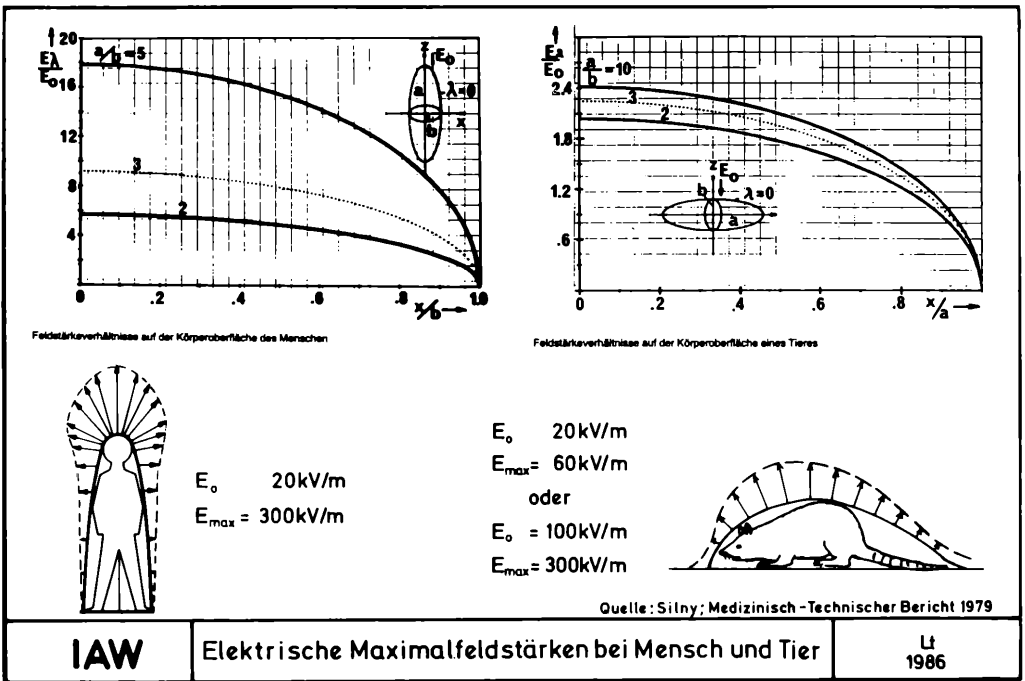


Bild 13

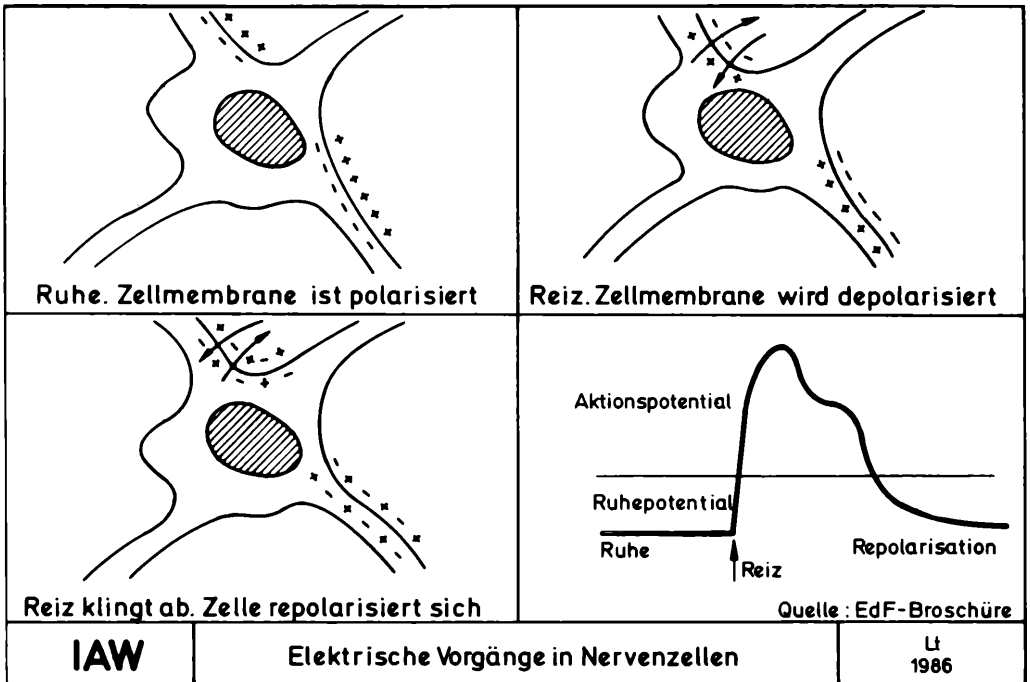


Bild 14

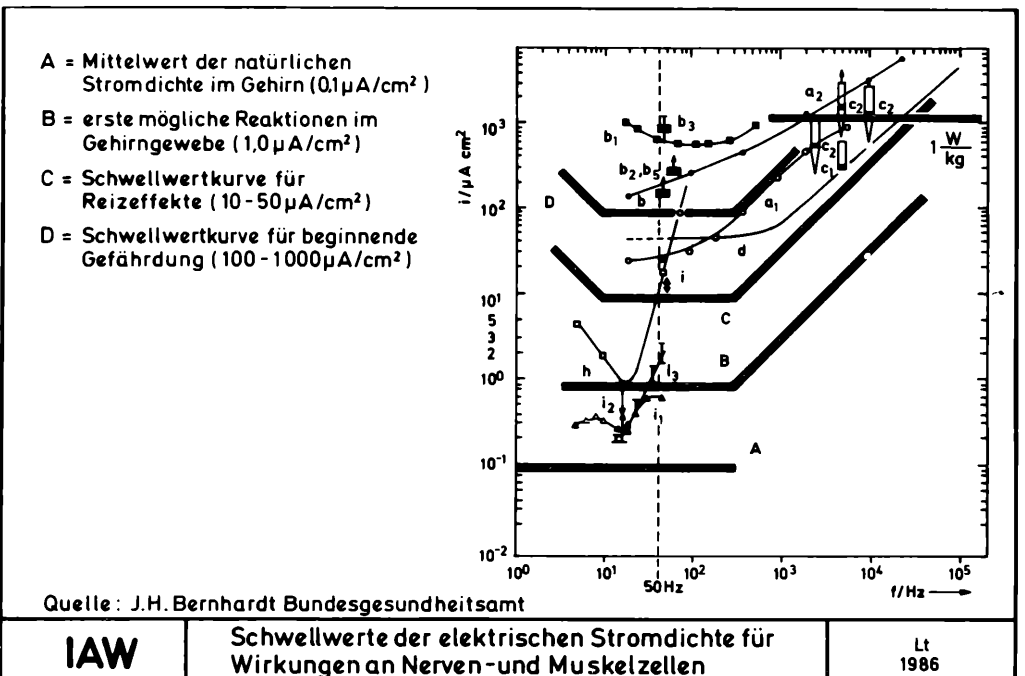


Bild 15



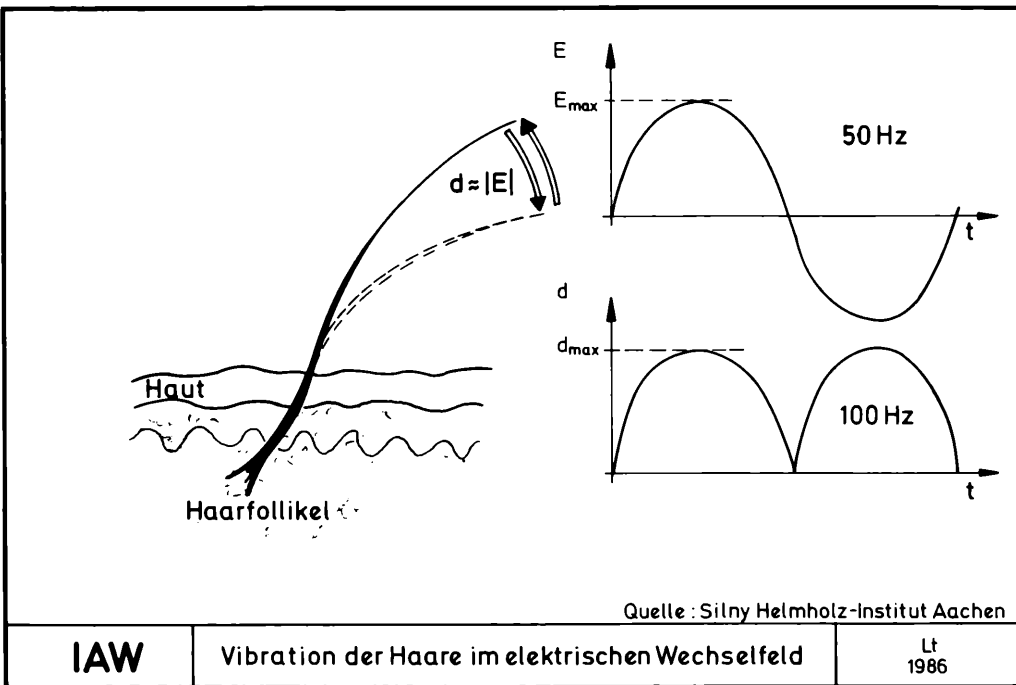


Bild 16

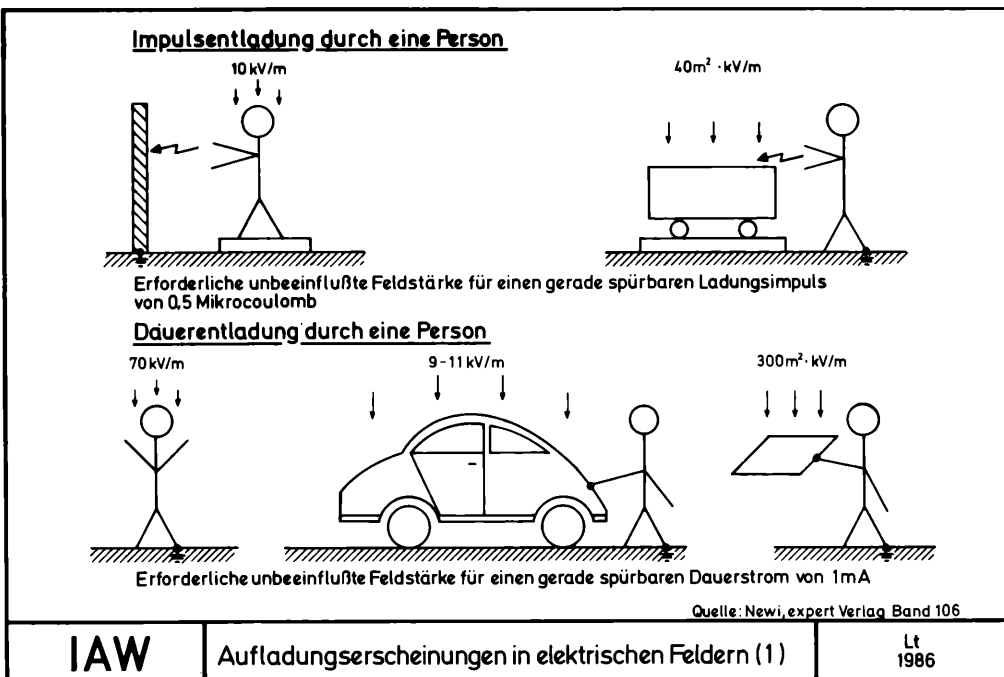


Bild 17

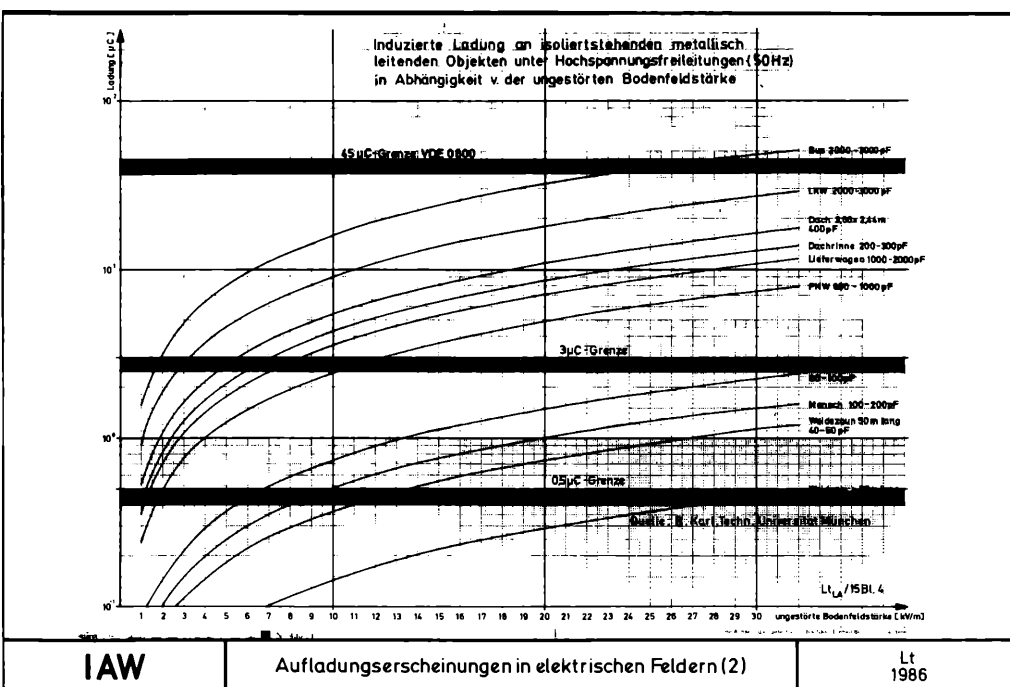


Bild 18

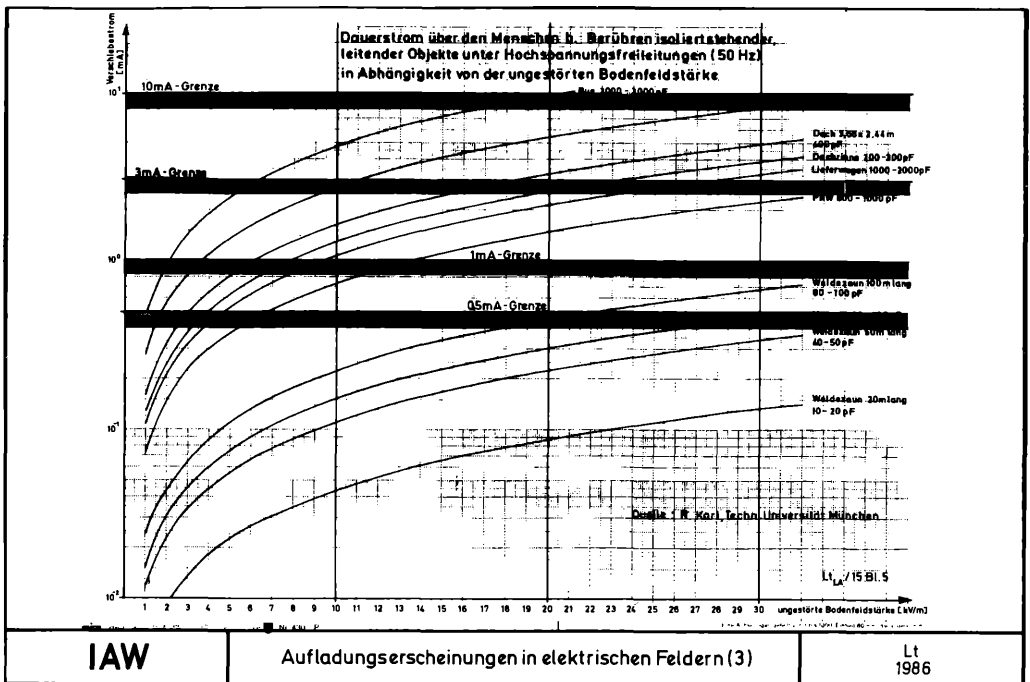


Bild 19

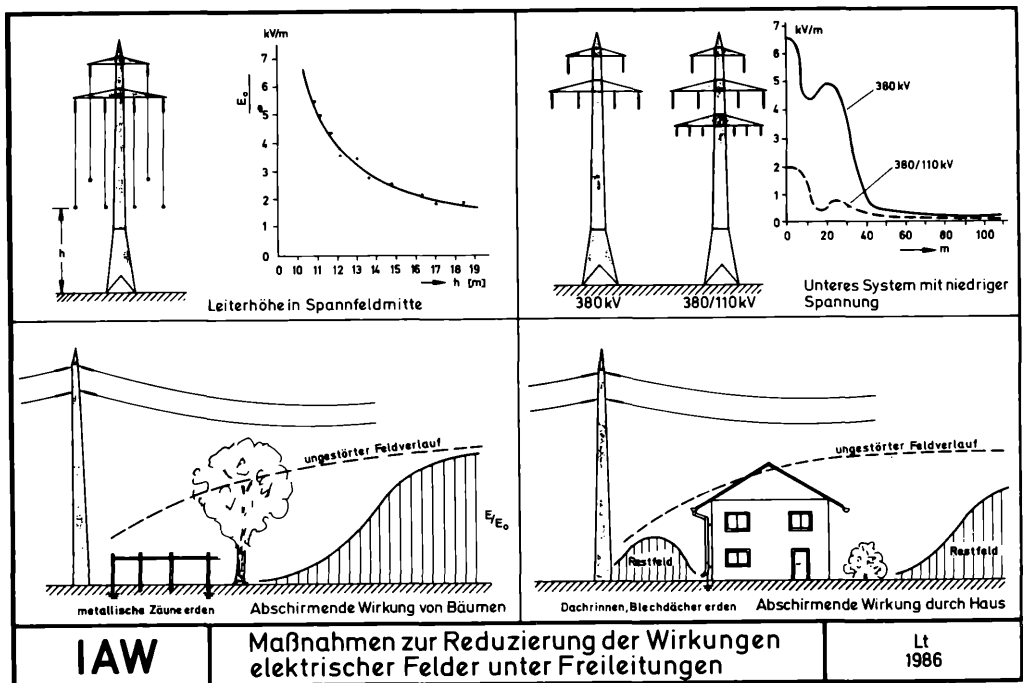


Bild 20

<u>Magnetische Flußdichten unter Freileitungen</u>		<u>Magnetische Flußdichten in Haushalten und Werkstatt</u>	
Niederspannungsleitungen	4 (µT)	LötKolben, Rührwerk,	
Mittelspannungsleitungen	6 (µT)	Föhn, Kabel,	1,0 - 2,5 (mT)
Hochspannungsleitungen	10 (µT)	Büchsenöffner, Tischlampe,	
Höchstspannungsleitungen	47 (µT)	Küchenherd, Rasierapparat	0,5 - 1,0 (mT)
<u>Magnetische Flußdichten in Industrie und Medizin</u>		Mixer, Farbfernseher,	
Starkstromanlagen	1 (mT)	Bohrmaschine, Heizlüfter	0,1 - 0,5 (mT)
Induktionsofen, Galvanik	10 (mT)	Müllzerkleinerer, Wäschetrockner,	
Magnet-Schwebebahn	0,1 (T)	Staubsauger, Toaster	10 - 1000 (µT)
Spin-Tomographie	1-2 (T)	Spülmaschine, Küchenlampe,	
		Waschmaschine, Bügeleisen	10 - 100 (µT)
<u>Magnetfeld der Erde</u>		1 Tesla Maßeinheit der magnetischen Flußdichte	
	40 - 50 (µT)	1 Tesla = 1.000 Millitesla = 1'000.000 Mikrottesla	
		1 T = 10 <sup>3</sup> mT = 10 <sup>6</sup> µT	

<b>IAW</b>	Magnetische Flußdichten außerhalb und innerhalb von Gebäuden	Lt 1986
------------	--	------------

Bild 21

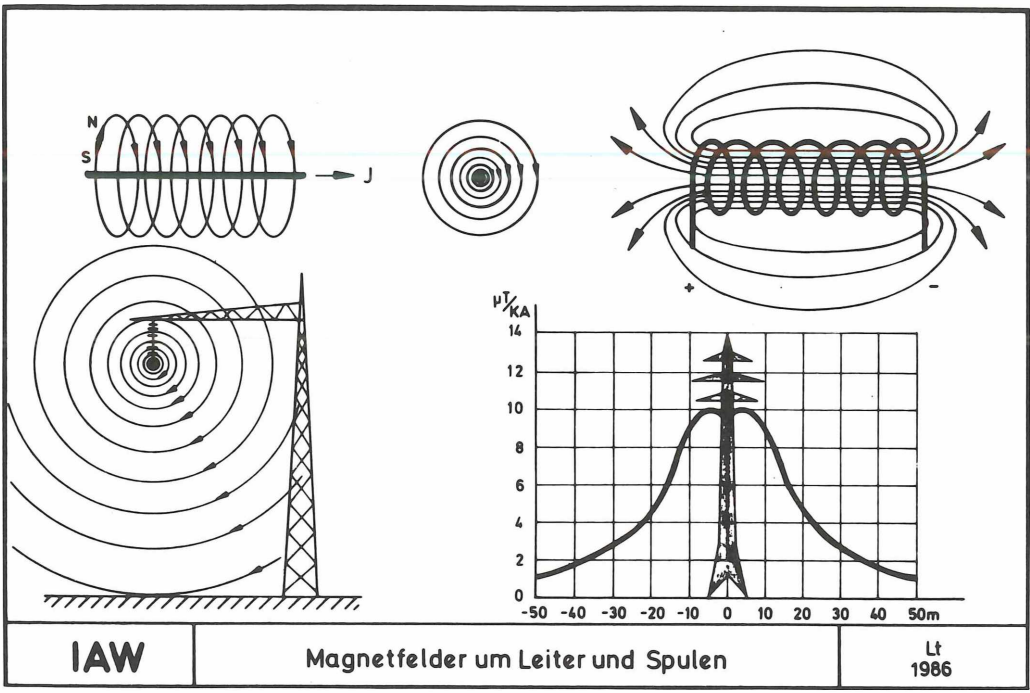


Bild 22

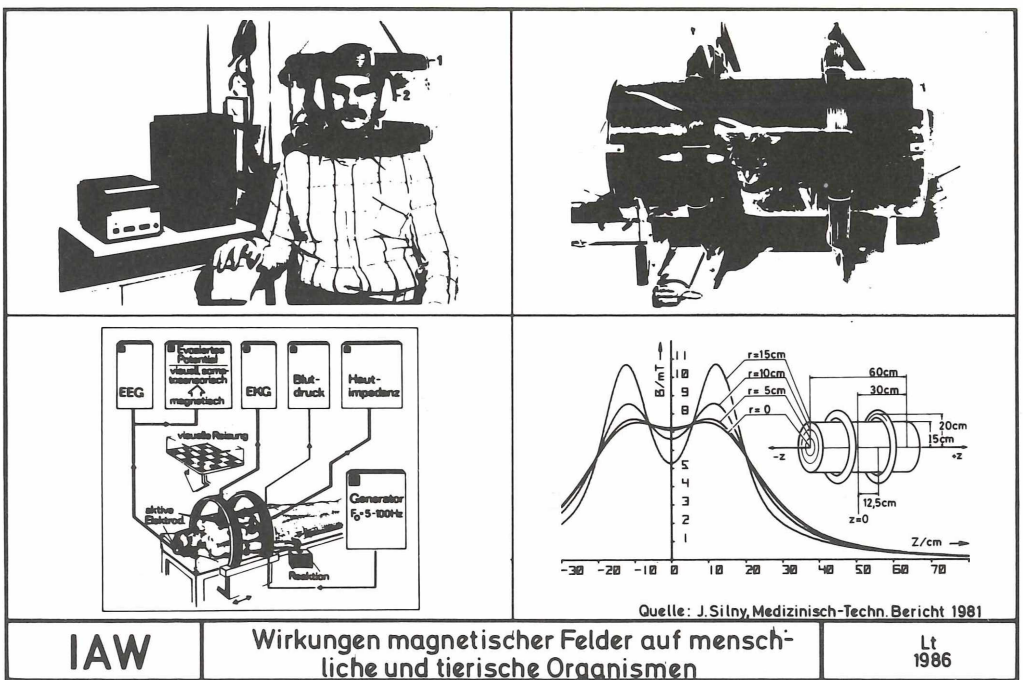


Bild 23

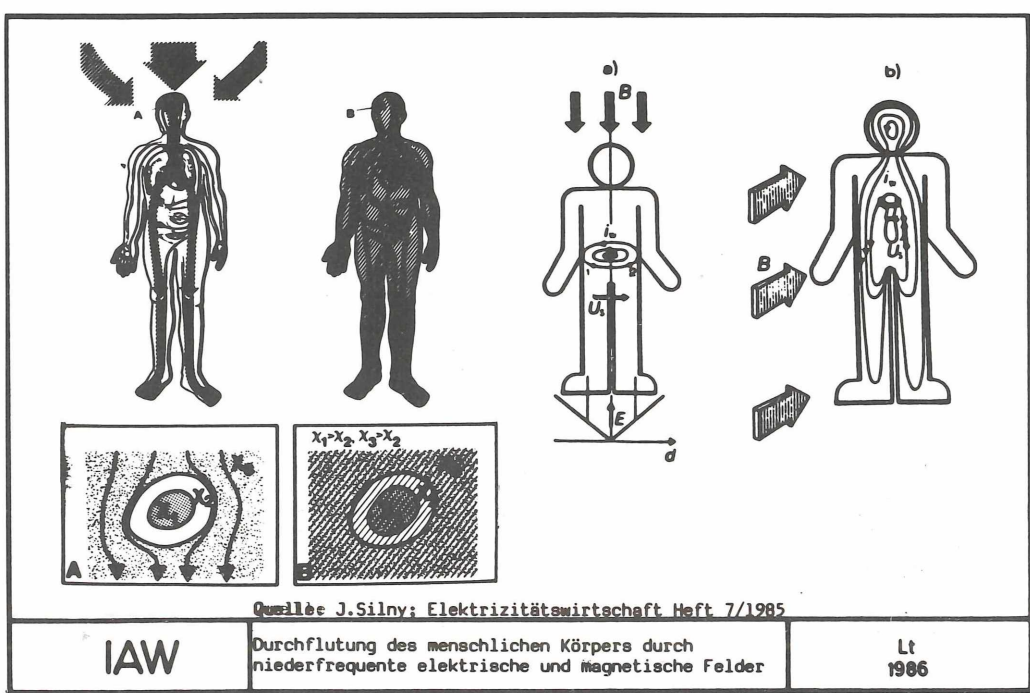


Bild 24

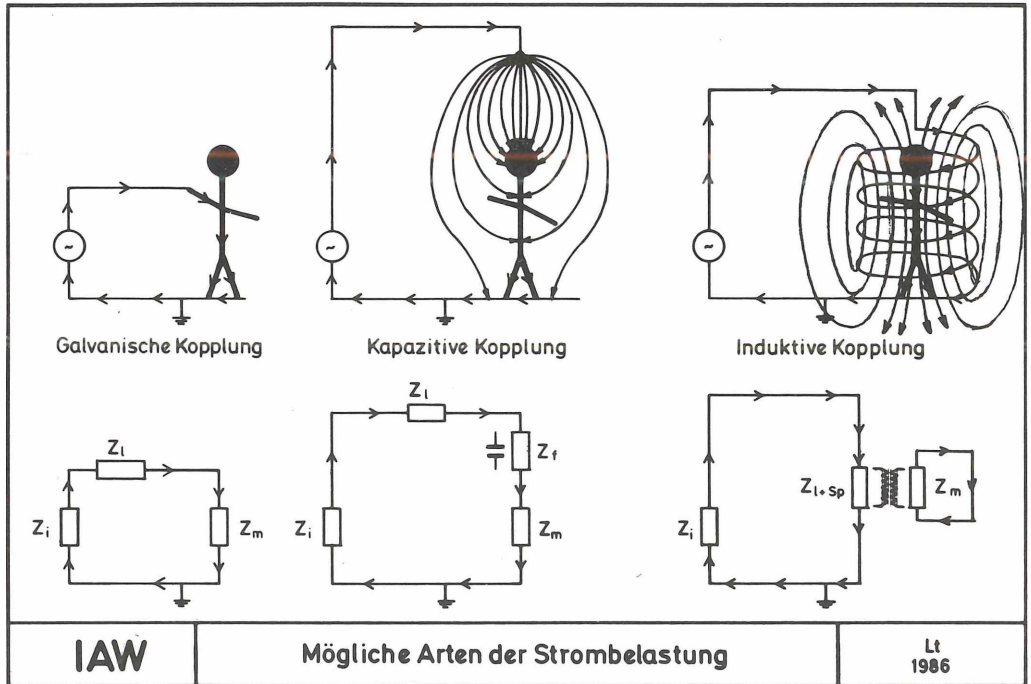


Bild 25

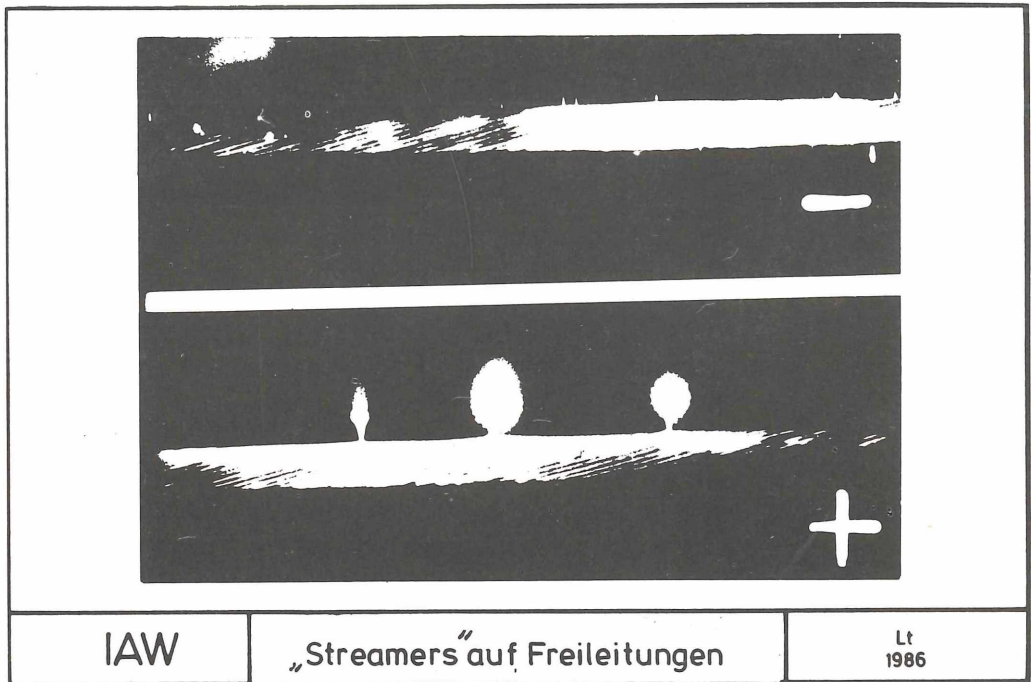


Bild 26

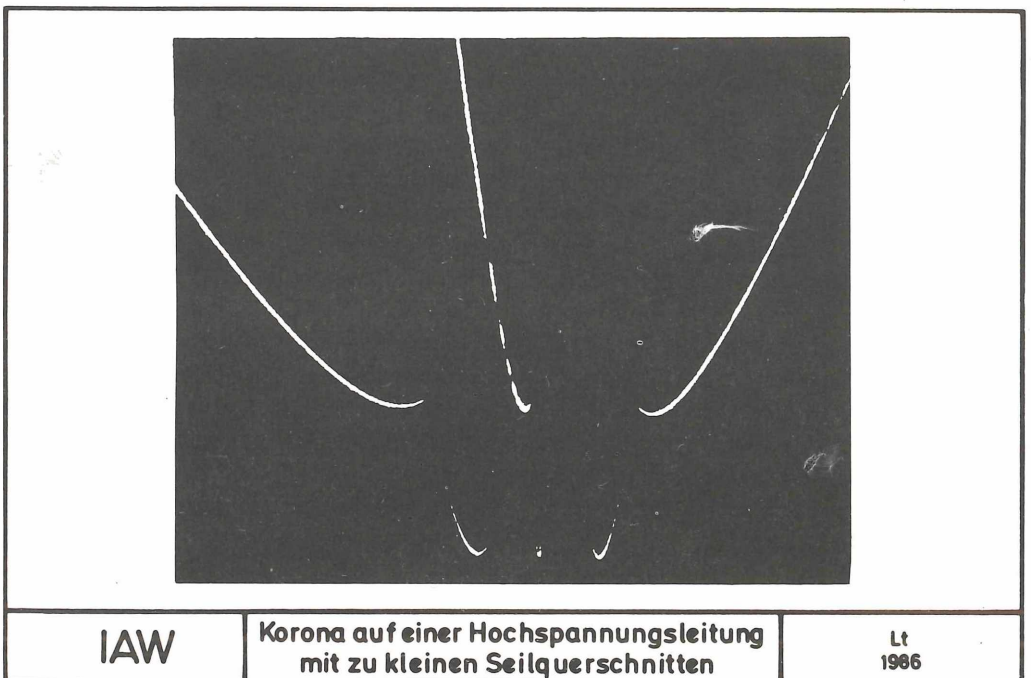


Bild 27

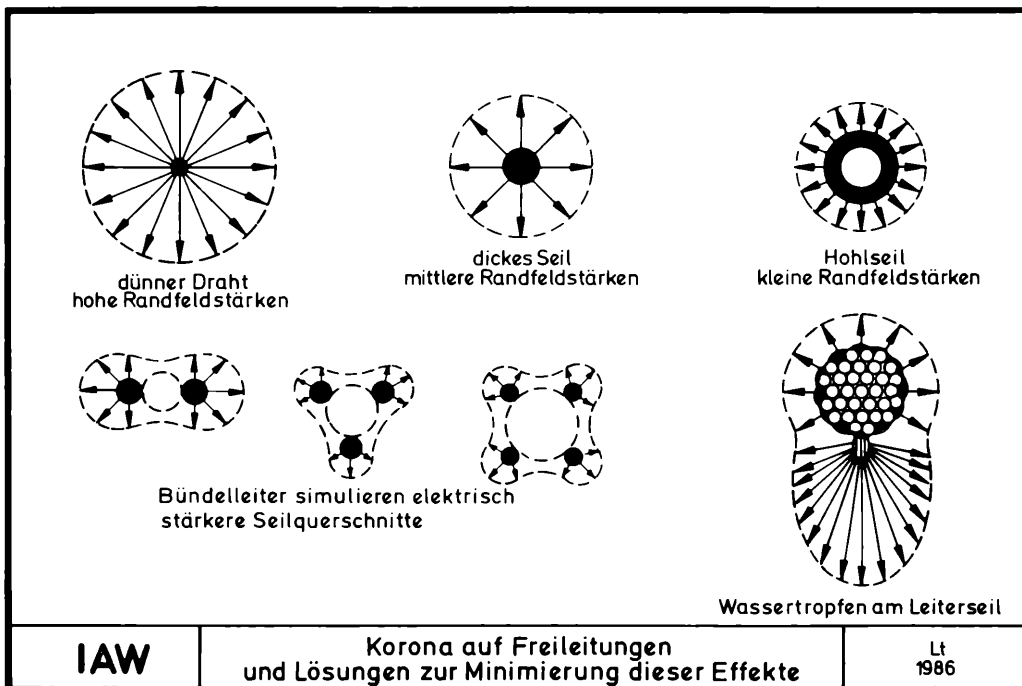


Bild 28

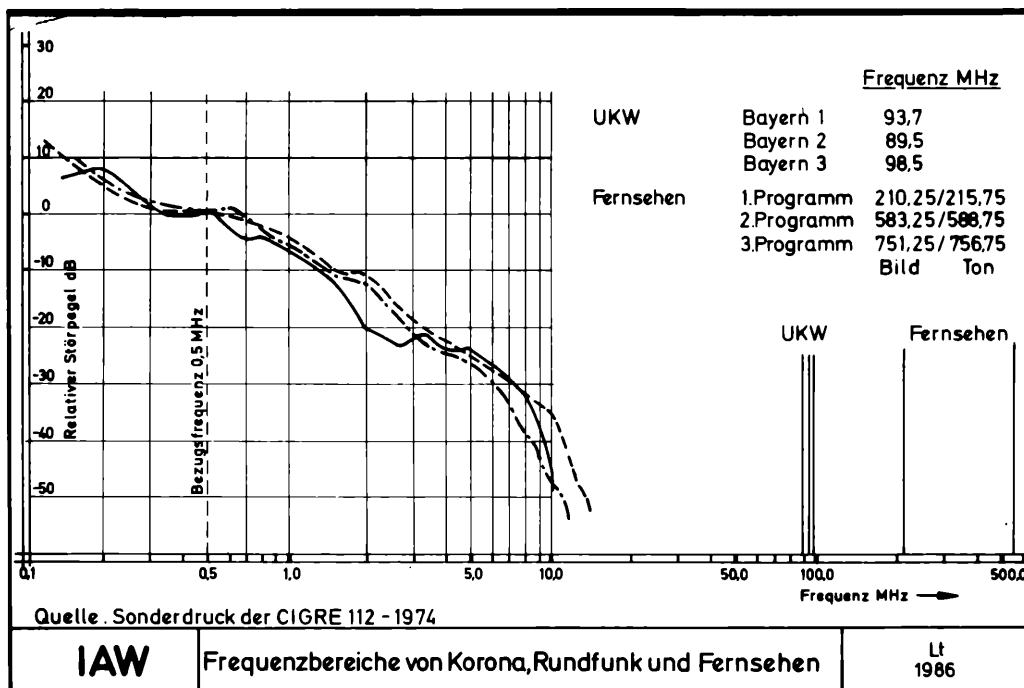


Bild 29

# TECHNISCHE ANFORDERUNGEN AN BAU UND UNTERHALT BEI FREILEITUNGEN

Helmut Flach

In dem Programm der Akademie wird das Thema meines Vortrages "Technische Anforderungen an Bau und Unterhalt bei Freileitungen" genannt.

Nachdem aber heute beim Thema Freileitungen sofort auch die Verkabelung angesprochen wird, habe ich die grundsätzlichen physikalischen Unterschiede der Kabel zu den Freileitungen in meinen Vortrag aufgenommen.

Ich bitte Sie, diese kleine Eigenmächtigkeit zu entschuldigen, aber meiner Meinung nach sind diese Unterschiede von größter Bedeutung für das Verständnis eines Außenstehenden.

## I. Netzstrukturen im Stadt- und Überlandgebiet

Zuerst ein paar allgemeine Erklärungen:

Die Netzstrukturen im Bereich der Energieversorgung ähneln dem Ausbau des Straßennetzes:

<u>Straßennetz</u>	<u>Stromverteilungsnetz</u>
Autobahn/Bundesstraßen	400/220-kV-Leitungen
Staatsstraßen	110-kV-Leitungen
Kreisstraßen/Ortsverbindungsstraßen	20-kV-Leitungen
Ortsstraßen	Niederspannungsleitungen

Den Verbindungspunkten bei den Straßen - Auf- und Abfahrten von einer Straße zur anderen - entsprechen in der Energieversorgung die Umspannwerke; sie bilden die Verknüpfungspunkte der verschiedenen Spannungsebenen. Entsprechend dem Verkehrsaufkommen ist die Straßendichte einer Großstadt viel größer als auf dem freien Land. Analog dazu ist der Ausbau der Stromverteilungsanlagen im Bereich der Großstadt wesentlich enger als auf dem Lande, weil der Bedarf an elektrischer Energie auch wesentlich größer ist.

Großstädtische Versorgungsgebiete sind durch eine große Bevölkerungsdichte, eine sehr dichte Bebauungsstruktur und durch hohe Flächenbelastungen gekennzeichnet. Entsprechend der Nutzung von Stadtgebieten bewegen sich die Flächenbelastungen zwischen ca. 30 MW/km<sup>2</sup> und darüber in Kernzonen und wenigen MW/km<sup>2</sup> in Stadtteilen mit aufgelockerter Bebauung. Demgegenüber sind ländliche Gebiete durch Belastungsdichten gekennzeichnet, die noch unter 50 kW/km<sup>2</sup> liegen können, also einen Belastungsunterschied der 3 Zehnerpotenzen umfaßt (das ist das Tausendfache).

Dieser großen Flächenbelastung, den teuren Grundstückskosten und den knappen Platzverhältnissen in der Großstadt muß sich auch die Stromversorgung anpassen und ihre Netze entsprechend aufbauen. Aus diesen Gründen ergibt sich zwangsläufig ein anderes Netzkonzept als im Bereich der Überlandversorgung. In den knappen zur Verfügung stehenden Räumen in der Großstadt können keine Freileitungen zwischen den Häusern erstellt werden.

Einen Ausweg aus diesem Dilemma bietet die Kabeltechnik.

Die benötigte elektrische Energie im Gebiet einer Großstadt wird von den Kraftwerken über die Energieautobahnen - 400/220-kV-Freileitungen zu Umspannwerken am Rand der Großstadt transportiert, auf die 110 kV-Ebene heruntertransformiert und über 110-kV-Kabel in die Belastungsschwerpunkte transportiert. Hier erfolgt eine erneute Umspannung auf meistens 10 kV. Mit dieser Spannungsebene werden wieder über Kabel die Großabnehmer und die Wohngebiete mit den 10 kV/400 V-Transformatorstationen versorgt.

Es ist deshalb die Frage naheliegend, ob diese Übertragungstechnik nicht auch im weiteren Bereich der Überlandversorgung Anwendung finden könnte, zumal sich ja die Energieversorgungsunternehmen bemühen, jeden versorgungswirtschaftlich notwendigen Eingriff in die Natur so gering wie möglich zu halten. Oft wird in diesem Zusammenhang der Vorwurf laut, die Energieversorgungsunternehmen seien nur aus Kostengründen nicht zur Verkabelung im Überlandgebiet bereit. Sicher zählen auch Kosten zu den Argumenten, mit denen Stromversorgungsunternehmen diesen Standpunkt rechtfertigen, zumal diese Kosten vom Verbraucher zu tragen sind.

Vor allem sprechen jedoch versorgungswirtschaftliche und technische Argumente gegen 110 kV-Verkabelungen im Überlandgebiet. Es fehlen oft wesentliche Voraussetzungen, ohne die 110-kV-Kabel nicht ausreichend betriebssicher eingesetzt werden können.

Die Netzvermaschung ist in diesem Zusammenhang eine der wichtigsten Beurteilungskriterien; sie ist in den 110-kV-Stadtnetzen wesentlich dichter als in den 110-kV-Überlandnetzen. Nach Angaben des Bayerischen Staatsministeriums für Wirtschaft und Verkehr hatte die Stadt München 1980 ein Versorgungsgebiet von rd. 380 km<sup>2</sup>. Es wurde über ein 110-kV-Kabelnetz von rd. 200 km Länge versorgt.

#### Bild 1\*: Netzstruktur im Stadt- und Landbereich

Um beim Raum Oberbayern zu bleiben, möchte ich hier die Zahlen der Isar-Amperwerke nennen, die 1980 einen Raum von rd. 13 000 km<sup>2</sup> mit einem 110-kV-Leitungsnetz von etwa 1 500 m Länge versorgten. Die auf die Flächeneinheit bezogene Leitungslänge des Stadtnetzes ist damit 5 mal größer als die des 110-kV-Überlandnetzes.

Ähnliche Relationen ergeben sich auch bei einem Vergleich anderer 110-kV-Stadt- und Überlandnetze. Weiterhin ist die Zahl von Umspannwerken in Stadtversorgungsnetzen erheblich größer. Als Richtwert kann man angeben, daß in Stadtnetzen etwa auf 6 km 110-kV-Leitungslänge ein 110-kV-Umspannwerk entfällt im Überlandbereich sind es dagegen rd. 23 km Leitungslänge.

110-kV-Stadtnetze bestehen also aus vielen kleineren Kabel-Teillängen, die mit einer größeren Anzahl von Umspannwerken verknüpft sind. Hier läßt sich aber bei Ausfall einzelner Kabelstrecken viel einfacher gegenseitige Reserve durch Umschaltungen schaffen, als in vergleichsweise weiträumigen Überlandgebieten mit wesentlich geringerer Netzdichte. Die bereits öfter erwähnte enge Netzvermaschung ist somit ein wesentlicher Grund für die auch in den Stadtnetzen vorhandene Versorgungssicherheit, trotz der bestehenden technischen Probleme.

Neben diesen technischen Inponderabilien muß bei diesem Problem der Verkabelung von Freileitungen auf dem flachen Lande auch die wirtschaftliche Seite betrachtet werden.

---

\* Bilder siehe Anhang (Seite 91-97)



Aus einer Studie, die das Bayerische Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr im Jahre 1981 für den Bayerischen Landtag erarbeitete, geht hervor, daß eine Verkabelung des bestehenden bayerischen Überland-Freileitungsnetzes (Stand 1979) rund

55 Milliarden DM

kosten würde. Umgerechnet auf Jahreskosten und auf eine kWh bezogen, ergibt dies eine erhebliche Mehrbelastung von ca. 100 %. Der Arbeitspreis einer kWh betrug im Jahre 1979 in Bayern etwa 14 Pfg.; d.h. der Strompreis würde sich bei einer Gesamtverkabelung mehr als verdoppeln. Ich möchte Sie bitten zu bedenken, daß wir heute ein Industrieland und auf unseren Export angewiesen sind; wir müssen nicht nur die Rohstoffe zu Weltmarktpreisen kaufen, wir zahlen auch die höchsten Löhne und haben damit sehr hohe Produktionskosten.

Ich darf die ketzerische Frage an Sie stellen: Wie wollen wir auf dem Weltmarkt konkurrenzfähig bleiben, wenn neben höchsten Lohnkosten auch noch unsere Strompreise enorm über das internationale Strompreinsniveau angehoben werden?

Je Arbeitsstunde beträgt heute der durchschnittliche Energieverbrauch ca. 14 kWh. Der Energieverbrauch ist damit bei den Produktionskosten ein wesentlicher Faktor. Auf jeden einzelnen von uns würde deshalb ein höherer Strompreis nicht nur mit der Stromabrechnung zukommen, sondern mit jedem Produkt, dessen Herstellung mit dem Einsatz elektrischer Energie verknüpft ist.

## **2. Anforderungen an Freileitungsgestänge und technische Lösungen**

Bevor wir uns mit den Anforderungen an Freileitungsgestänge und deren Lösungen befassen, ein paar allgemeine Bemerkungen.

Die elektrische Energie ist leitungsgebunden und muß im Moment des Bedarfs im Kraftwerk erzeugt werden; sie kann nicht im wirtschaftlichen Umfang gespeichert werden.

Da die Standorte der Kraftwerke meistens nicht in den Verbraucherschwerpunkten liegen, muß die dort erzeugte elektrische Energie über Leitungen an die Abnehmer herantransportiert werden. Diese Übertragungsanlagen müssen so beschaffen sein, daß sie gleichzeitig eine preiswerte, sichere und unterbrechungsfreie Versorgung der Stromabnehmer gewährleisten.

Wie sieht nun der Weg vom Kraftwerk zum Abnehmer aus?

Über Höchstspannungsleitungen (220 u. 380 kV) wird die elektrische Energie zu den Netzscherpunkten = Umspannwerken transportiert. Von hier geht es über Hochspannungsleitungen zu den regionalen Umspannwerken und dann weiter über das Mittelspannungsnetz zu den einzelnen Dörfern und größeren Abnehmern. Von den örtlichen Trafostationen werden dann mit Niederspannung die Endverbraucher versorgt. Diese einzelnen Transportstufen und Spannungsebenen sind notwendig, um auf den manchmal sehr langen Transportwegen die auftretenden Verluste durch Erwärmung und Spannungsabfall möglichst klein zu halten und vernünftige Seilquerschnitte zu erhalten.

Bei den Freileitungen unterscheiden wir wie bereits erwähnt:

Höchstspannungsleitungen	380 und 220 kV
Hochspannungsleitungen	110 kV
Mittelspannungsleitungen	10/20 kV
Niederspannungsleitungen	220/380 V.



Bild 2: Masten verschiedener Spannungsebenen

Hauptbestandteile dieser Leitungen sind:

1. Masten
2. Leiterseile
3. Isolatoren, Verbindungs- und Lichtbogenschutzarmaturen.

Masten bestehen aus verschiedenen Werkstoffen. Hauptsächlich in der Nieder- und Mittelspannung werden Holz-, Beton- und Stahlmasten, im Hoch- und Höchstspannungsbereich überwiegend Stahlgittermasten verwendet.

Bild 3: Mastkopfbilder

Es gibt verschiedene Bauformen der Masten, sog. Mastkopfbilder, die sich im Laufe der Zeit entwickelt haben:

Einebene - Mastkopfbild  
Donau - Mastkopfbild  
Tonnen - Mastkopfbild.

Die Masten müssen alle auftretenden vertikalen Lasten (Gewicht der Leiterseile und zusätzliche Lasten aus Aneisung) und horizontalen Lasten (Windbelastung und Seilzugkräfte) aufnehmen können und in die Fundamente ableiten.

Bild 4: Trag- und Abspannmasten

Bei den Masten unterscheidet man die zwei Hauptformen:

Der Tragmast übernimmt vertikale und horizontale Wind-Belastungen. Er ist für jeden von unten durch die vertikal angeordneten Isolatoren erkennbar.

Der Abspannmast übernimmt ebenfalls vertikale und horizontale Belastungen aus Wind und Seilzugkräften. Außerdem muß er die Winkelzüge in den Eckpunkten mit Richtungsänderung aufnehmen. Er ist an den horizontal angeordneten Isolatoren erkennbar.

Bild 5, 6, 7: Alu-Stahl-Seil, Verbinder, Klemme

Leiterseile bestehen heute überwiegend aus den Werkstoffen Aluminium und Stahl. Dabei werden die guten Leitereigenschaften des Aluminiums und die hohen Festigkeiten der Stahldrähte ausgenutzt. Um einen störungsfreien Betrieb gewährleisten zu können, müssen physikalisch bedingte Abstände zwischen den einzelnen Leiterseilen am Mast eingehalten werden. Die Leiterseile sollten sich auch bei den kritischsten Belastungsverhältnissen nicht zu stark annähern, um Überschlüge zu vermeiden.

Bild 8, 9: Kunststoffisolatoren, Hängekette im Versuch

Isolatoren bestehen aus Porzellan, Glas oder Kunststoff und sind das Isoliermittel zum Mast bzw. Erde. Als billiges und zuverlässiges Isoliermittel zwischen den Leitern fungiert die Luft. Als Isolator ist in Deutschland zum größten Teil der Porzellanlangstabisolator üblich, Kunststoffisolatoren kamen bisher nur in Einzelfällen zum Einsatz. Daneben sind auch im Mittelspannungsbereich Glasisolatoren im Einsatz. Um Lichtbogeneinwirkungen auf die Isolatoren zu vermeiden, werden Schutzarmaturen eingebaut.

Durch eine sinnvolle Wahl des Mastbildes, des Mastanstrichs und der Leitungstrasse läßt sich bei Masten bis zur Hochspannungsebene eine geringfügige Beeinflussung der Landschaft erreichen. Ausschlaggebend ist dabei die Masthöhe, die eine Funktion des Mastabstandes ist. Das heißt, bei großen Mastabständen ergeben sich große Seildurchhänge und als Folge größere Masthöhen, wobei die Masthöhen etwa mit dem Quadrat der Mastabstände ansteigen.

Bild 10: Horizontale und vertikale Bündelung

Von Raumplanern und Naturschützern wird immer wieder eine Bündelung der Leitungstrassen verlangt, die dann zu den sogenannten Mehrfachgestängen führt. Das heißt, man versucht 4 oder 6 Leitungssysteme auf einem Gestänge unterzubringen und damit eine neue Leitungstrasse zu sparen. Diese Variante führt zu sehr hohen und damit zu weit sichtbaren Masten.

Durch eine Bündelung entstehen betriebliche und versorgungstechnische Schwierigkeiten. Zur Durchführung von Wartungs- und Reparaturarbeiten müssen zum Schutz des arbeitenden Personals die benachbarten Systeme abgeschaltet werden. Dabei entstehen sehr problematische Engpässe in der Stromversorgung, die sich sehr rasch zu Stromausfällen auswirken können. Besonders kritisch wird die Situation bei Mastumbrüchen durch Naturkatastrophen oder Sabotageakte.

### **3. Kabeltechnik und ihre Einsatzmöglichkeit in verschiedenen Spannungsebenen**

Bild 11: Isolierung und Wärme bei Freileitung und Kabel

Zum Unterschied gegenüber dem blanken Leiter bei der Freileitung, wo die Luft die Isolierung übernimmt, ist beim Kabel der mit Isolierstoff umhüllte metallische Leiter das wesentliche Kennzeichen.

Die physikalischen Verhältnisse sind beim Aufbau des Kabels wesentlich komplizierter als bei der Freileitung. Der mit Isolierstoff umhüllte Leiter kann die beim Stromfluß entstehende Wärme sehr viel schlechter an die Umgebung abgeben als der blanke Leiter, da die Isolierstoffe meist schlechte Wärmeleiter sind. Überschreitet die Kabeltemperatur  $70^{\circ}\text{C}$ , so beginnt ein verstärkter Alterungsprozeß wird es wegen der Stromwärmeverluste zu warm, kommt es irgendwann zum Durchschlag der Isolationsstrecke und damit zum Schaden und zur Unterbrechung des Stromtransportes. Der Schaden muß durch eine Beseitigung der Durchschlagstelle behoben werden, gleichzeitig erleidet auch die gesamte Kabelstrecke einen latenten Dauerschaden, der zum vorzeitigen Ausfall führt. Kabel dürfen deshalb nur sehr begrenzt überlastet werden; eine starke Beeinträchtigung für den Netzbetrieb in Ausnahmesituationen.

Kabel bestehen aus den Leitern, der Isolierung und den Mänteln bzw. Schirmen. Als Leiterwerkstoff wird Kupfer oder Aluminium verwendet, als Leiterformen werden mehrdrähtige Rund- oder Sektorleiter verwendet. Man unterscheidet aufgrund des Isoliermediums verschiedene Kabelbauarten: die papierisolierten Kabel, die gasisolierten Kabel, die kunststoffisolierten Kabel.

Bild 12, 13, 14, 15: Niedersp.-, Mittelsp.-, Öldruck- und PE-Kabel

Die älteste Bauart, das papierisolierte Massekabel, das zum ersten Mal um 1890 in England gebaut wurde, wird heute im allgemeinen bis zu einer Mittelspannung von 30 kV eingesetzt. Der Leiter wird durch eine

ölgetränkte, geschichtete Papierisolierung umwickelt. Bei diesem Kabel können sich durch unterschiedliche Wärmeausdehnungskoeffizienten des Leiters, der Isolierung und des Mantels Hohlräume bilden. Es würden bei höheren Spannungen Glimmerscheinungen entstehen, die die Isolierung beschädigen. Zur Vermeidung dieser Hohlräume beim papierisolierten Kabel wurden die Druckkabel entwickelt.

Die wichtigsten und gebräuchlichsten Kabel:

Beim Ölkabel wird das Dielektrikum Papier mit dünnflüssigem Öl imprägniert, welches im Kabel unter Druck steht. Bei Höhenunterschieden in der Kabeltrasse besteht jedoch die Gefahr der Ölabwanderung zu den tiefsten Stellen; deshalb müssen Sperrmuffen eingebaut werden.

Das Gasaußendruckkabel ist ein in ein Stahlrohr eingezogenes ölimprägniertes Massekabel, das unter einem äußeren Gasdruck steht. Durch das Stahlrohr ist ein guter Schutz gegen Beschädigungen vorhanden.

Das Gasinnendruckkabel unterscheidet sich vom Ölkabel darin, daß zur Vermeidung von Lufträumen im Papierdielektrikum Stickstoff statt Öl verwendet wird. Bei Abfall des Gasdruckes ist nur ein kurzzeitiger Betrieb von maximal einer Stunde möglich.

Bei den kunststoffisolierten Kabeln hat sich Polyethylen PE und vernetztes Polyethylen VPE durchgesetzt. Der Vorteil der Kunststoffkabel liegt im geringeren Blindleistungsbedarf und die maximal zulässige Leitertemperatur beträgt  $90^{\circ}\text{C}$ , damit ist eine höhere Strombelastbarkeit und größere Übertragungsfähigkeit möglich.

Um beim Kabel höhere Übertragungsleistungen zu erreichen, die bei der Freileitung durch große Leiterquerschnitte möglich sind, muß man beim Kabel neben entsprechenden Leiterquerschnitten zusätzlich die künstliche Kühlung anwenden. Die Kühlung kann an der Kabeloberfläche als Außenkühlung oder im Innern des Leiters erfolgen.

Im Nieder- und Mittelspannungsbereich ist heute bei entsprechender Vermaschung des Netzes die Verkabelung kein besonders technisches, sondern eher ein wirtschaftliches Problem. Die Kostenrelation Freileitung/Kabel liegt im Verhältnis von 1 : 2 bei günstigen Verhältnissen und bewegt sich bis 1 : 4 beim Zusammentreffen mehrerer ungünstiger Umstände gegen das Kabel. Wie die Leitungsstatistik zeigt, ist in den letzten Jahren das Kabel im Aufwärtstrend, während die Freileitung stagniert bzw. sogar abnimmt.

Bild 16: Stromkreislängen des Freileitungs- und Kabelnetzes der JAW

Im Hochspannungsbereich kommt das Kabel in stark vermaschten Stadtnetzen zum Einsatz, wo es keine andere Versorgungsmöglichkeit gibt. Das Kostenverhältnis Freileitung zu Kabel beträgt 1 : 5 bis 1 : 8. Nachteilig für das Kabel ist infolge der großen Kapazität der hohe Ladestrom, der ca. 25 – 40mal höher als bei der Freileitung ist. So erreicht z.B. bei einem unbelasteten 110-kV-Kabel der Strom am Kabelanfang bereits bei einer Kabellänge von 70 km den Wert des thermisch zulässigen Stromes, so daß damit keine Energie mehr übertragen werden kann. Bei einer 110-kV-Freileitung wäre dies erst nach ca. 3 400 km der Fall. Dazu kommt noch, daß bei 110-kV-Netzen, die mit Erdschlußlöschung durch Petersen-Spulen betrieben werden, der Erdschlußstrom mit den verlegten Kabellängen sehr steil ansteigt.

Im Höchstspannungsbereich, 220 und 380 kV, wurden bisher nur Niederdruckölkabel im Kraftwerksbereich eingesetzt. Eine Versuchsstrecke wird

derzeit im Stadtbereich von Berlin getestet. Von einem zuverlässig sicheren Betrieb kann daher nicht gesprochen werden. Bei Störungen muß mit dem Austritt von erheblichen Ölmengen gerechnet werden.

Abschließend kann man sagen, daß man in der Freileitung und im Kabel keine sich ausschließenden Gegensätze sehen sollte, sondern sich ergänzende Techniken, wobei jedes spezielle Übertragungsproblem gesondert betrachtet werden muß. Hierbei sind neben den technischen Gesichtspunkten natürlich auch andere Argumente, wie Wirtschaftlichkeit, Versorgungssicherheit und Betriebsweise des Netzes, maßgebend.

#### **4. Betrieb, Wartung und Störungsbehebung in Freileitungs- und Kabelnetzen**

Der Betrieb von Freileitungen ist verhältnismäßig problemlos, dagegen von Kabelnetzen weitaus schwieriger. Eine Reihe zusätzlicher Einrichtungen sind erforderlich und bringen zusätzliche Störungsmöglichkeiten.

Die Freileitung ist im Gegensatz zum Kabel ein sehr wartungsfreundliches Stromtransportmittel. Durch regelmäßige Sichtkontrollen können Veränderungen, bzw. Schäden festgestellt werden, bevor sie eine Störung auslösen. Bei den Sichtkontrollen, die durch Begehen oder mit dem Hubschrauber erfolgen, ist besonders darauf zu achten, daß

- a) die Leiterseile und Isolatoren nicht beschädigt sind (z.B. durch Beschuß können Adern des Leiterseils oder der Porzellankörper des Isolators beschädigt sein);
- b) der vorhandene Bewuchs unter und seitlich der Leitung einen genügenden Abstand zu den Leiterseilen hat, um Überschläge zu vermeiden, die Personen gefährden und zu Waldbränden führen können;
- c) bei Bauvorhaben im Leitungsschutzbereich genügende Abstände zwischen Baukränen und Leiterseilen eingehalten werden;
- d) am Mast keine Beschädigungen festzustellen sind (z.B. verbogene Diagonalen durch Anfahren mit dem Schlepper, Betonmast auf Risse kontrollieren, Holzmast auf Faulstellen prüfen);
- e) der Schutzanstrich der Mastteile in Ordnung ist, um eine Schwächung der Mastteile durch Abrosten zu verhindern;
- f) in der Nähe der Maste keine Abgrabungen ausgeführt werden, die die Standsicherheit der Maste gefährden.

Die festgestellten Mängel werden dann kurzfristig, nach Rücksprache mit der Netzleitstelle und Freischaltung der Leitung, beseitigt, bevor ein größerer Schaden entstehen kann.

Im Falle einer Störung, deren Ursache nicht bekannt ist, kann durch Sichtkontrollen, z.B. vom Auto aus, die Fehlerstelle, z.B. ein Seilriß, ein gebrochener Isolator oder ein umgebrochener Mast, sehr schnell gefunden werden. Das bei den Versorgungsunternehmen rasch verfügbare Personal für die Schadensbehebung und die einfache Ersatzteilhaltung bieten die Gewähr für eine kurzfristige Durchführung der Reparatur.

Beim Kabel ist die Überwachung und Wartung wesentlich umfangreicher. Durch Sichtkontrollen im Trassenverlauf des Kabels können Aufgrabungen, Senkungen, Überbauungen und unzulässiger Bewuchs festgestellt werden.

Öl- und Gasdruckkabel benötigen bauartbedingt eine Drucküberwachung des Isoliermediums. Für diese Überwachung müssen Nachrichtenwege für die Fernübertragung von Störmeldungen zu einer dauernd besetzten Stelle geschaffen werden.

Beim Einsatz von Kabeln ist somit zumindest ab der 110-kV-Spannungsebene, verglichen mit der Freileitung, mit erheblich größerem Überwachungsaufwand im Betrieb zu rechnen.

#### Bild 17, 18: 110-kV-Kabel-Fehler

Das Auffinden von Fehlerstellen gestaltet sich bei Kabeln erheblich schwieriger und aufwendiger als bei Freileitungen. Zu ihrer Ortung sind zuerst einmal umfangreiche Prüf- und Meßeinrichtungen notwendig, die von Spezialisten mit großer Erfahrung bedient werden müssen. Um einen Fehler zu orten, ist es oft notwendig, die Fehlerstelle "einzubrennen" und damit die Auswirkungen des Fehlers noch zu vergrößern. Erst nach dem Lokalisieren des Fehlers kann mit den Ausgrabungsarbeiten begonnen werden. Diese sind bei Straßenkreuzungen und Unterdückungen besonders schwierig und zeitraubend. Im Winter werden diese Arbeiten durch Frost und Schnee zusätzlich beeinträchtigt und verzögert. Ersatzkabel müssen bei Temperaturen unter + 5° C zuerst angewärmt werden, bevor sie eingelegt werden können.

#### Bild 19, 20: Aufwand bei Muffenmontage

Für die Reparatur von Nieder- und Mittelspannungskabel hat jedes EVU entsprechende Spezialmonteure und Kabelgarnituren zur Verfügung, was bei Hochspannungskabeln ab 110 kV nicht mehr der Fall ist. Die Verfügbarkeit der benötigten Spezialmonteure, die vom Lieferanten des gestörten Kabels kommen müssen, ist sehr beschränkt, außerdem kann nur der frühere Kabellieferant die benötigten Reparaturteile bereitstellen, weil diese Kabel von der Bauart her nicht genormt sind.

Aus diesen Gründen dauern Kabelreparaturen schon in der Mittelspannungsebene mehrere Tage, in der 110-kV-Hochspannungsebene mindestens eine Woche, in komplizierten Fällen u.U. erheblich länger. Eine 110-kV-Kabelreparatur im Stadtgebiet Augsburg nur Endverschlüsse - dauerte 4 Tage; im Stadtgebiet Ingolstadt 21 Tage und eine Kabelreparatur bei der Einführung ins Umspannwerk Erding 106 Tage.

In der 380-kV-Spannungsebene ist mit Reparaturzeiten von einem Monat und länger zu rechnen. Wegen dieser langen Reparaturzeiten ist auch in einem mitgeführten zweiten Stromkreis ein weiterer, gleichzeitig auftretender Kabelschaden nicht mehr auszuschließen, was bei Stichanschlüssen zu Versorgungsstörungen größeren Umfangs mit erheblichen wirtschaftlichen Folgen führen kann.

Während die Nichtverfügbarkeit von Freileitungen, das ist das Produkt der durchschnittlichen Schadenshäufigkeit und der durchschnittlichen Reparaturdauer, in allen Spannungsebenen relativ gering ist, steigt sie bei Kabelleitungen entsprechend der Betriebsspannung an. In den verschiedenen Statistiken ergibt sich eine Nichtverfügbarkeit im Verhältnis zur Freileitung bei der

Mittelspannung	5	1
Hochspannung	10	1
Höchstspannung	100	1.

Das bedeutet, daß das Versorgungsrisiko bei Verkabelungen nur bei engvermaschten Netzen in den Verdichtungsräumen vertretbar ist.

Im Überlandnetz könnten längerfristige Stromausfälle bei Verkabelungen nur dann vermieden werden, wenn eine ähnliche Netzstruktur wie in den Verdichtungsräumen wirtschaftlich möglich wäre.

## 5. Problematik der Teilverkabelung

Im Laufe einer Leitungsplanung wird von verschiedenen Seiten gefordert, Teile einer Freileitungsstrecke zu verkabeln, wenn die Leitung auf bestimmten Trassenabschnitten als besonders störend empfunden wird. Dies hat jedoch zur Folge, daß sich die Nachteile beider Betriebsmittel addieren.

Ein Kabelstück innerhalb einer Freileitungsstrecke ist ein Schwachpunkt und setzt die Betriebssicherheit der ganzen Verbindung herab, da es zu den genannten Nachteilen auch noch den atmosphärischen Überspannungswellen (z.B. Blitzeinwirkungen), die über die Freileitung einlaufen können, ausgesetzt wird. Überspannungen werden an diesen Übergangsstellen Freileitung/Kabel wegen deren unterschiedlicher physikalischer Eigenschaften (Wellenwiderstand) - besonders hoch und gefährden die Kabelstrecke sowie deren Armaturen. Auch zusätzliche Überspannungsableiter gewährleisten die erforderliche Betriebssicherheit nicht immer. Durch eine Teilverkabelung gehen wichtige Vorteile der Freileitungsstrecke verloren.

### Bild 21: Übergangsstelle Freileitung-Kabel

Bei einer Kabelstörung kommt es zu dem reparaturbedingt längeren Ausfall der gesamten Leitungsstrecke, wobei in so einem Fall die Ausfallwahrscheinlichkeit besonders hoch ist.

Die Übertragungsfähigkeit der gesamten Strecke wird durch das Kabelstück eingeschränkt, denn die Belastbarkeit und die Überlastbarkeit von Kabeln ist geringer als bei Freileitungen.

Besonders gefährdet sind Teilverkabelungen von Leitungen auf einer baulich noch nicht berührten Trasse. Bei Teilverkabelungen im Hochspannungsnetz ist ein weiterer Nachteil der hohe Grundstücksbedarf von ca. 500 - 1 000 m<sup>2</sup> für die Übergangsstelle Freileitung/Kabel zur Unterbringung der notwendigen Hilfseinrichtungen. Dazu gehört der Überspannungsschutz, die Überwachung des Öl- oder Gasdrucks und die Übertragung dieser Kriterien an eine besetzte Stelle, Ankopplungseinrichtungen für die Betriebstelefone und dergleichen mehr. Diese Einrichtungen erschweren den Netzbetrieb und beeinträchtigen die Betriebssicherheit.

Außerdem wird meistens dabei verkannt, daß diese Übergangsstelle Freileitung/Kabel mit ihren zusätzlichen Hilfseinrichtungen viel auffälliger als ein Leitungsmast ist. Dieser Punkt ist besonders zutreffend, wenn der letzte Abschnitt vor einem Umspannwerk verkabelt werden soll.

Aus diesen Aussagen folgt, daß Teilverkabelungen aus Gründen der Stromversorgungssicherheit vermieden werden sollten und daß sie um so störungsanfälliger sind, je höher die Spannungsebene ist.

Diese Darstellung von Schwierigkeiten bei Teilverkabelungen sollten Sie nicht als grundsätzliche Ablehnung betrachten, sondern als Hinweise, welche Gefahren für die Versorgungssicherheit sich hinter solchen, für den Laien scheinbar problemlosen, Lösungen für eine sichere und zuverlässige Stromversorgung verstecken.

## **6. Schlußbetrachtung**

Ich hoffe, daß ich mit meinen Ausführungen dazu beitragen konnte, die Realitäten und Probleme im Bereich der Stromversorgungsunternehmen für Sie etwas verständlicher und durchsichtiger zu machen. Außerdem möchte ich Ihnen versichern, daß wir die Stromversorgung nicht nur von der technischen Seite her sehen, sondern durchaus auch Verständnis für Ihre Belange zum Schutz unserer gemeinsamen Umwelt haben. Wir haben den guten Willen, mit Ihnen zusammenzuarbeiten und die auftretenden Probleme sowohl technisch als auch naturschonend zu lösen.

### Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Helmut Flach  
Lech-Elektrizitätswerke  
8900 Augsburg

# Hochspannungsversorgung im Stadt- und Überlandbereich

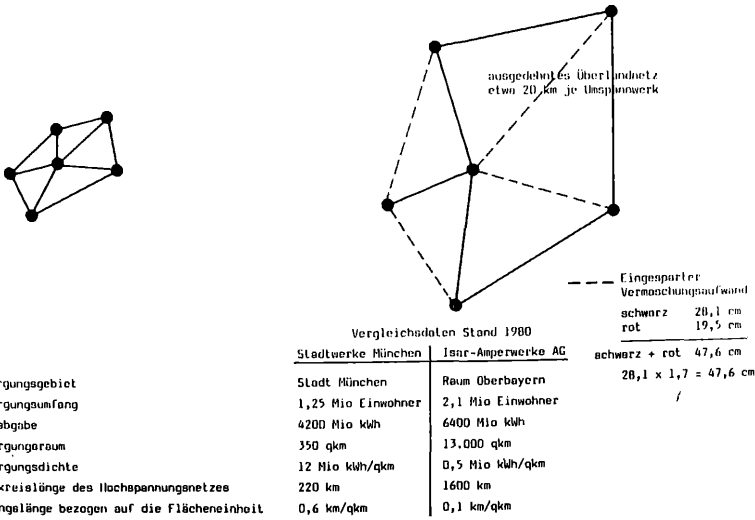


Bild 1

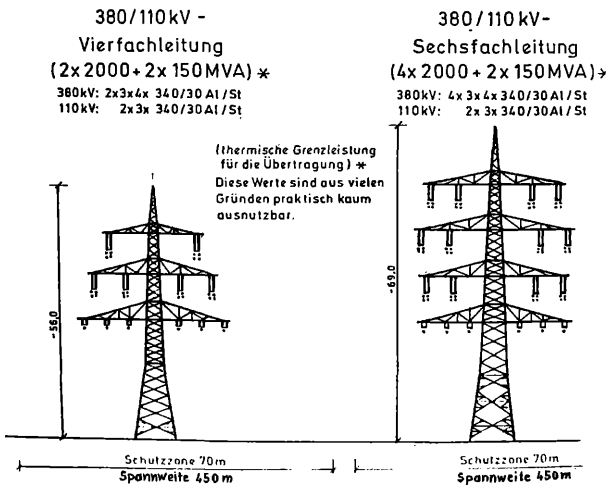
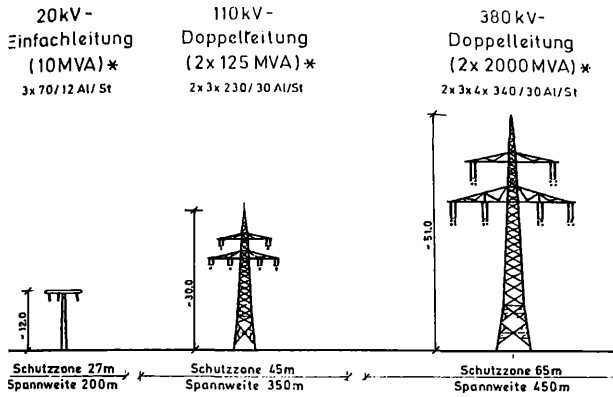


Bild 2

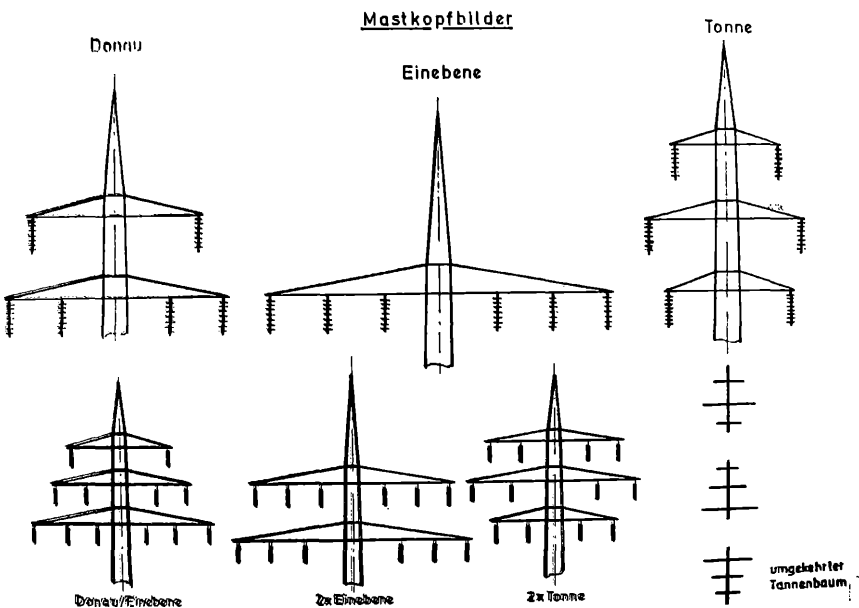


Bild 3



Prinzip des Tragmastes

Prinzip des Abspannmastes

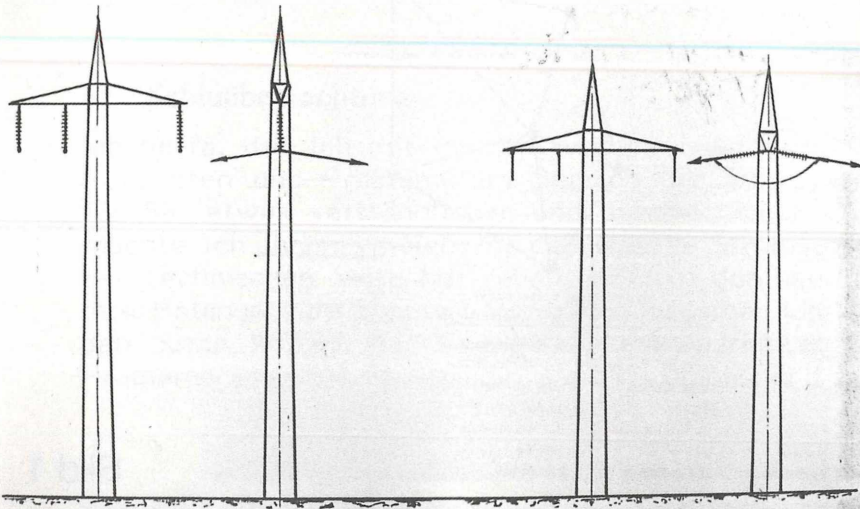


Bild 4



Bild 5

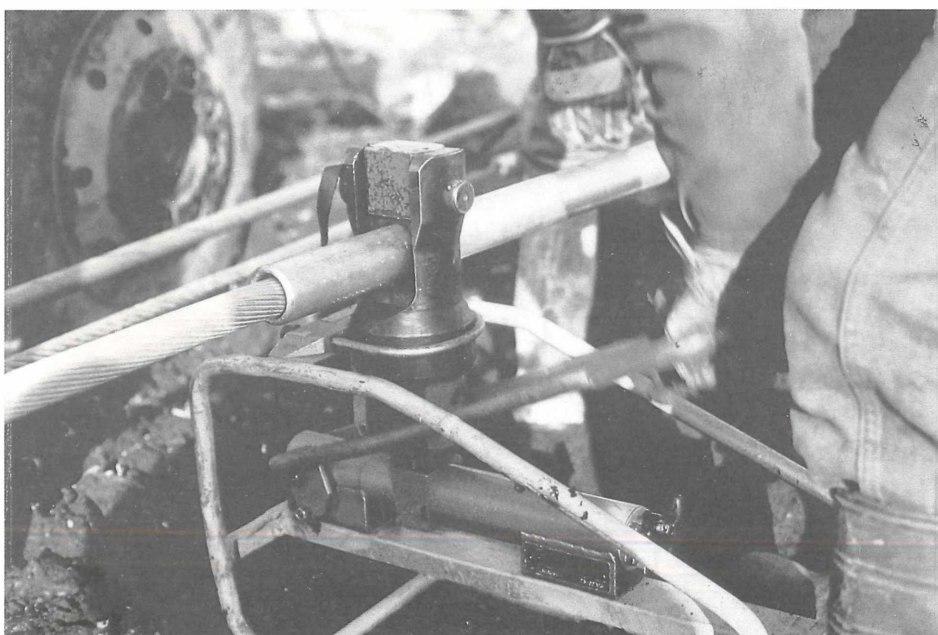


Bild 6



Bild 7

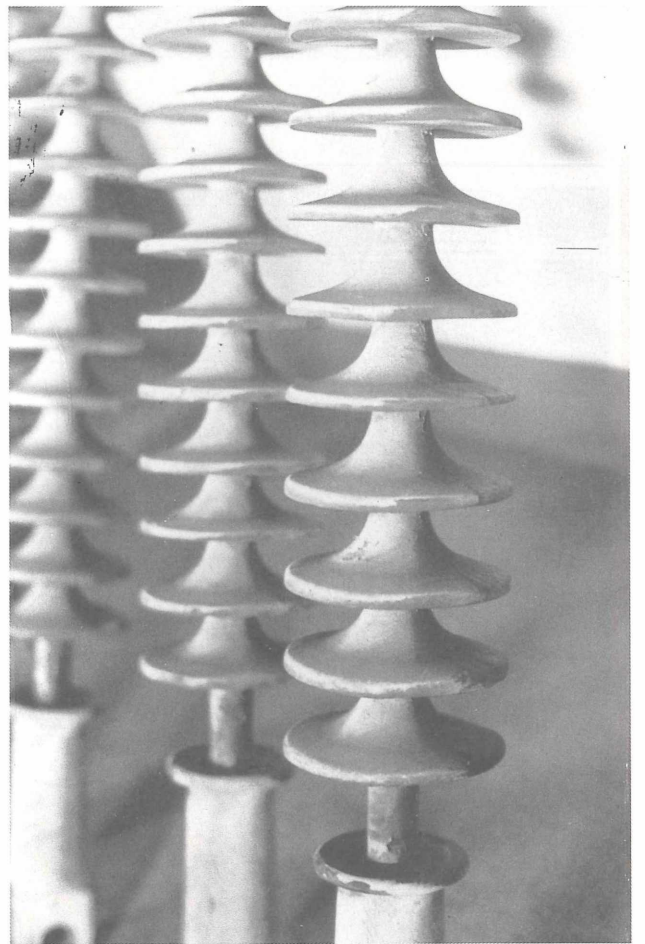


Bild 8

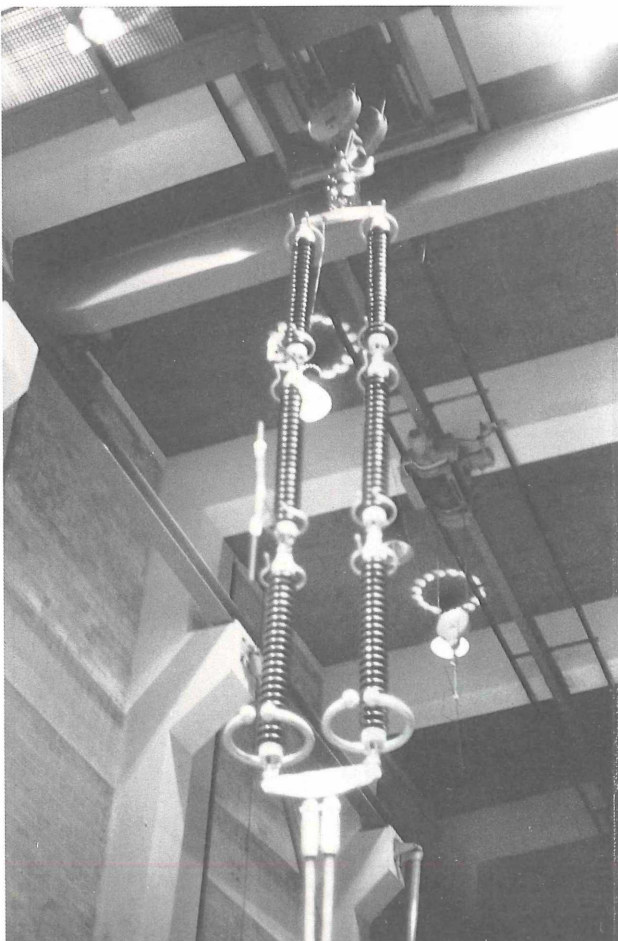


Bild 9



Leitungsbündelung

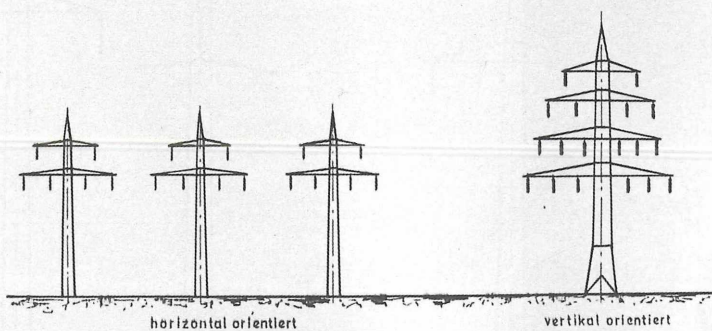


Bild 10

Isolations- und Wärmeprobleme bei Freileitung und Kabel

Bild 11

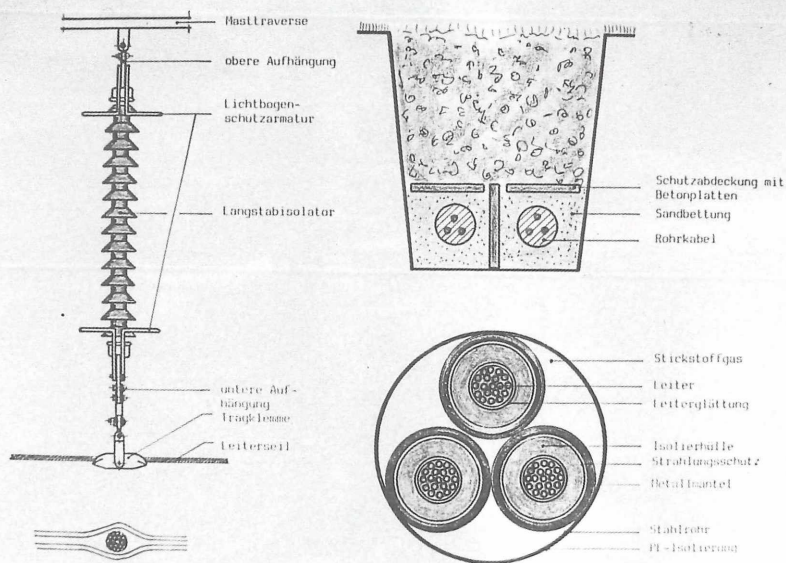


Bild 11

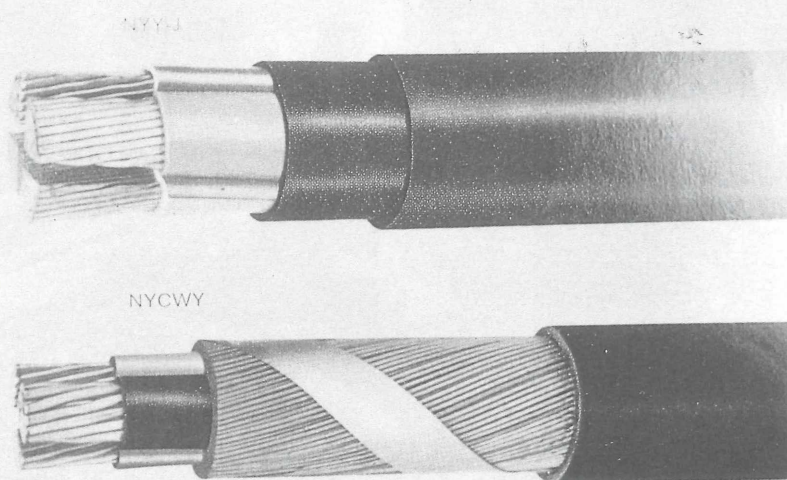


Abb. 17 Kunststoff-Niederspannungskabel (Beispiele)

Bild 12

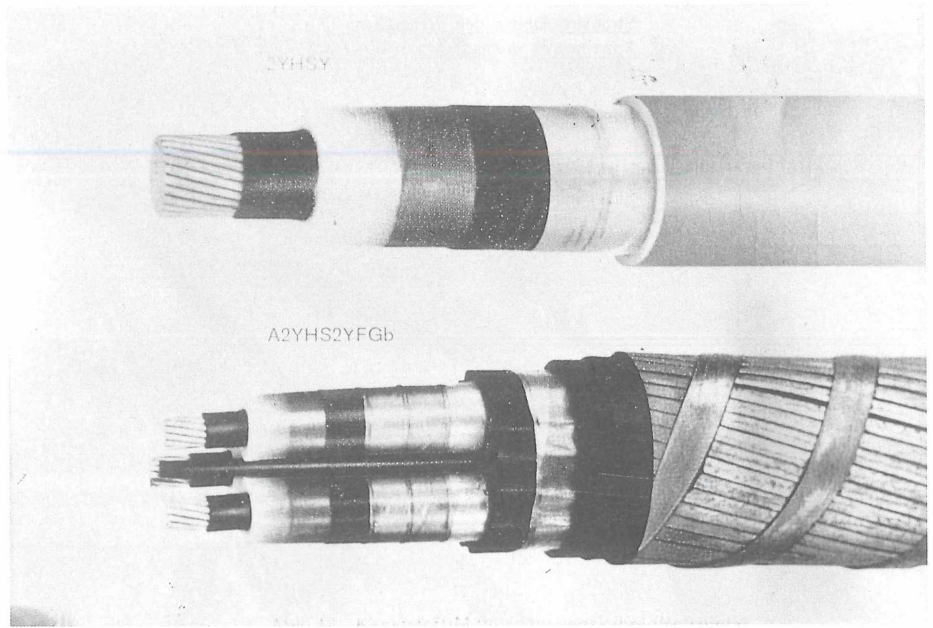
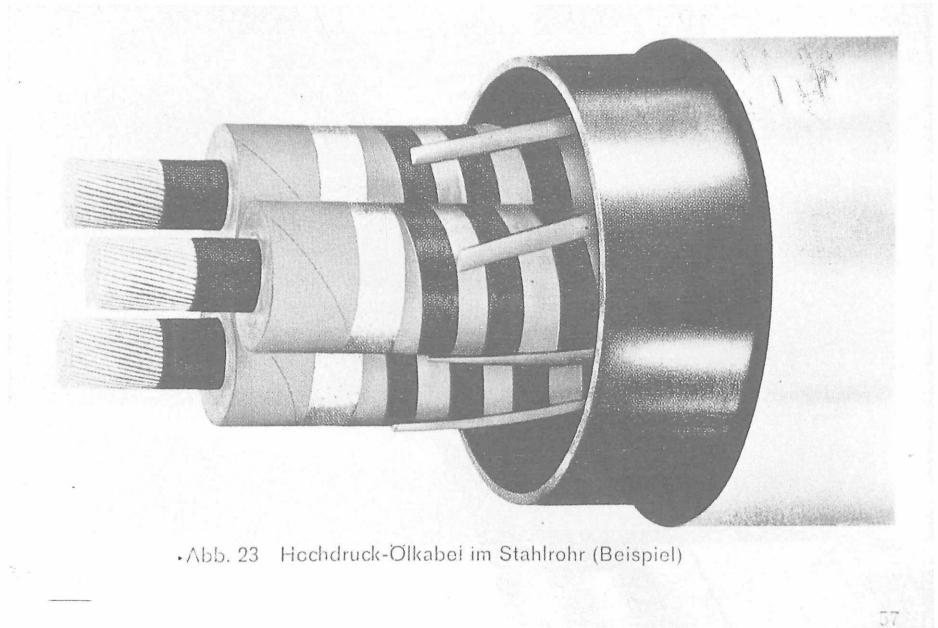


Bild 13



•Abb. 23 Hochdruck-Ölkabel im Stahlrohr (Beispiel)

Bild 14

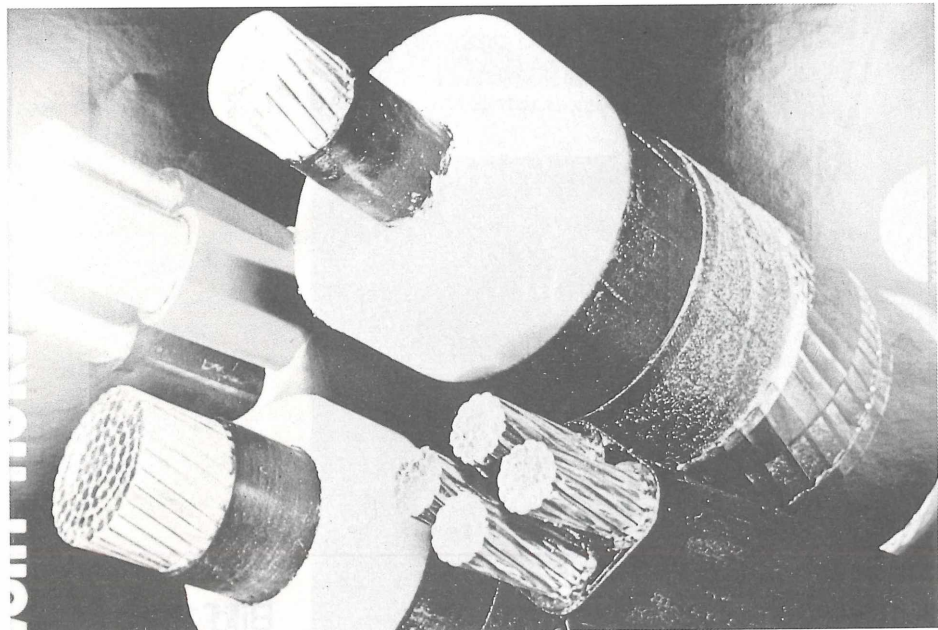


Bild 15



Stromkreislängen des Freileitungs- und  
Kabelnetzes der Isar-Amperwerke AG

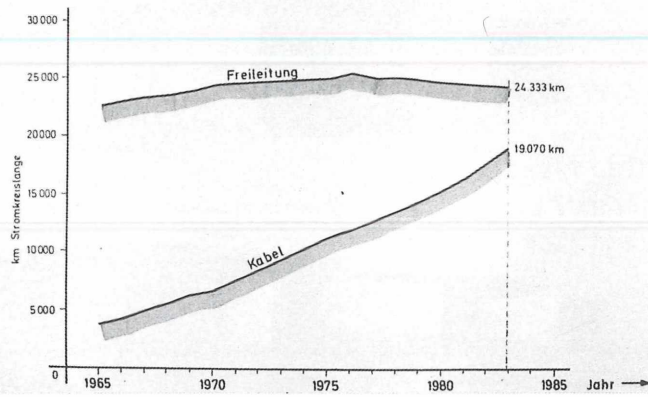


Bild 16

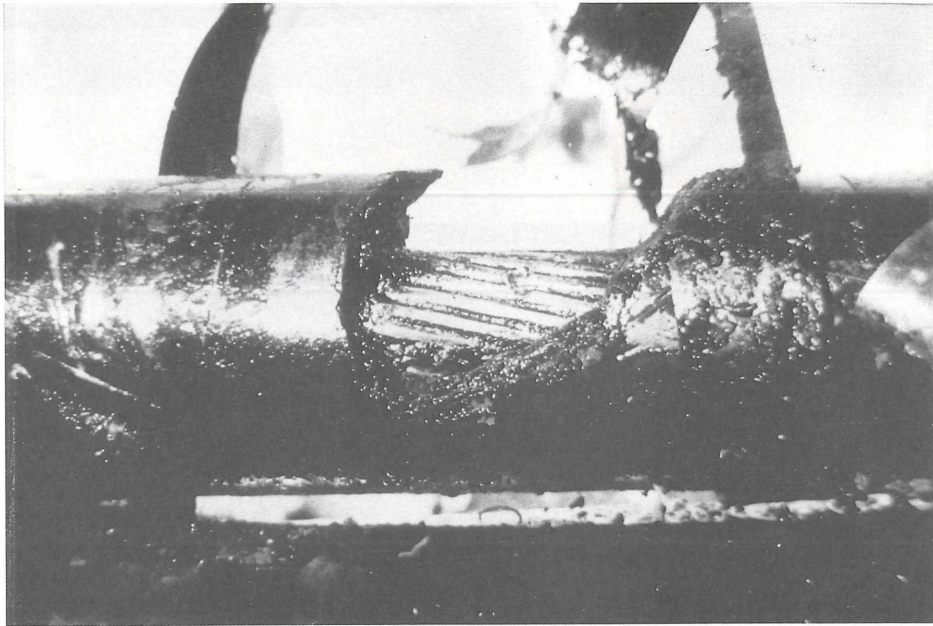


Bild 17

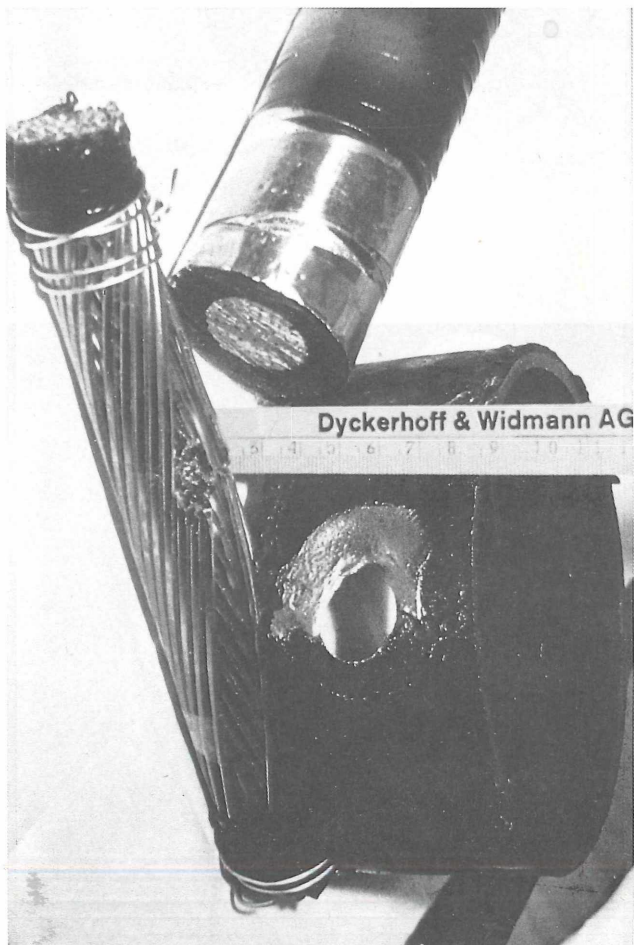


Bild 18

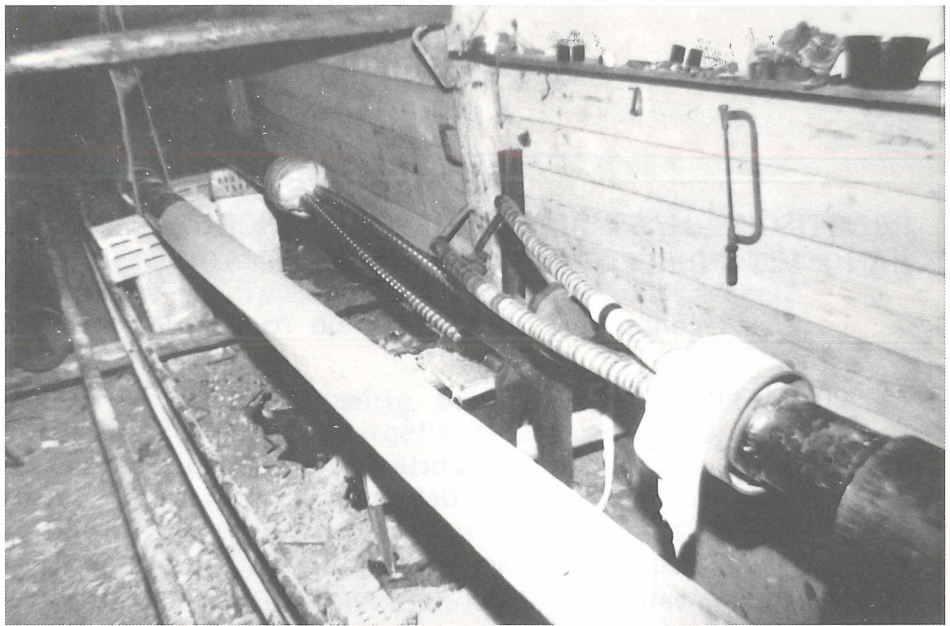


Bild 19



Bild 20

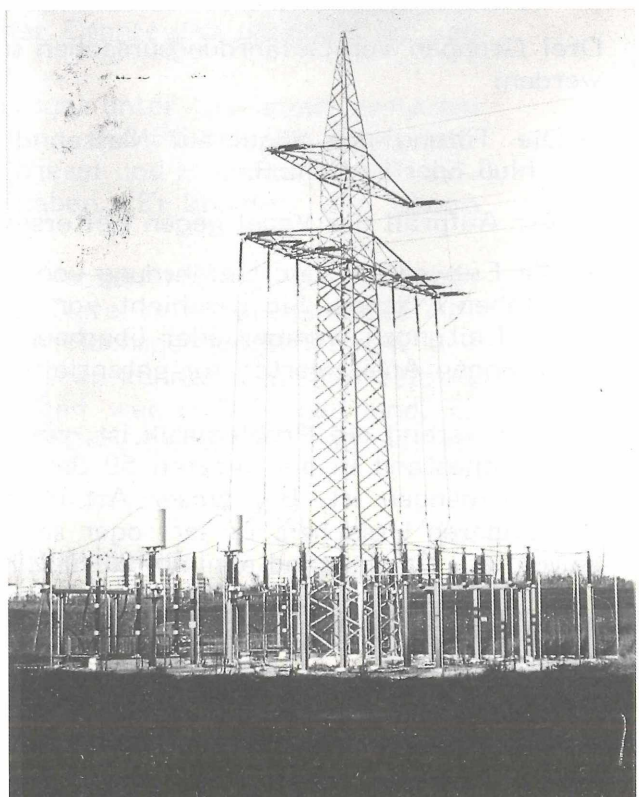


Bild 21

## **PRAKTISCHE MASSNAHMEN DES VOGELSCHUTZES IM ZUSAMMENHANG MIT FREILEITUNGEN**

Johann Schreiner

### **1. Einführung**

In Bayern kommen ca. 35 000 Tierarten vor. Jede hat ihre Ansprüche an spezifische Umweltbedingungen (z.B. Klima, Bodenfeuchte, Vorhandensein von Pflanzenarten, abiotische und biotische Strukturen). Sind diese Umweltqualitäten nicht mehr in ausreichendem Umfang gegeben, erfolgt ein Bestandsrückgang der betreffenden Art und sie erscheint auf einer der Roten Listen (z.B. BStMLU 1983).

Der Bau von Freileitungen kann Lebensräume positiv und negativ verändern. Indirekte Auswirkungen auf die Bestände von Tierarten und damit auf den Naturhaushalt sind in jedem Fall gegeben.

Eine Gruppe von Tierarten ist direkt betroffen, die Vogelwelt. Es gibt derzeit etwa 200 Brutvogelarten in Bayern. Die positiven Wirkungen von Freileitungen auf die Vogelwelt sind landläufig bekannt. Jeder kennt die Bilder, wenn sich Schwalben und Stare im Spätsommer auf Freileitungen sammeln. Leitungsmasten werden vielfach als Nistgelegenheit benutzt. Sperlinge, Greifvögel (v.a. Turmfalke) bis hin zu Krähen (sogar Kolkrahen) und selbst der Weißstorch können hier brüten.

Allgemein anerkannt ist das Überwiegen der negativen Wirkungen von Freileitungen auf Vogelarten, da sie weitaus mehr gefährdete Arten betreffen. Praktische Maßnahmen, hier Abhilfe zu schaffen, setzen eine Kenntnis der Gefährdungsursachen voraus.

### **2. Gefährdungsursachen**

Drei Gruppen von Gefährdungsursachen sollen im folgenden angesprochen werden:

- Die Tötung der Vögel auf Masten durch Stromschlag infolge Kurzschluß oder Erdschluß.
- Der Aufprall der Vögel gegen Leiterseile oder andere Leitungsdrähte.
- Die Entwertung und Gefährdung von Bruthabitaten von Vogelarten der offenen Flächen. Sie geschieht vor allem dadurch, daß im Bereich um die Leitungen weniger oder überhaupt keine Vögel brüten, weil Freileitungen Ansitzwarten für potentielle Freßfeinde darstellen.

Wie gravierend die Problematik ist, zeigt das Beispiel "Weißstorch", dessen Brutbestand in den letzten 50 Jahren in der Bundesrepublik um 80 % zurückgegangen ist. Bei dieser Art überwiegt der Tod an Freileitungen alle anderen Ursachen. Es ist sogar so, daß die Verlustzahl noch steigt, obwohl der Brutbestand abnimmt (HÖLZINGER 1980).

Im folgenden sollen die Gefährdungsursachen im einzelnen angesprochen werden.

## 2.1 Tötung durch Stromschlag

Im oben angeführten Weißstorchbeispiel sind Erdschluß bzw. Kurzschluß die Haupttodesursache. Dies gilt nicht nur für den Weißstorch, sondern betrifft alle Großvögel etwa ab Taubengröße, z.B. Eulen, Greifvögel, Schwarzstorch, Krähen, darunter auch die geschützte Saatkrähe, Vogel des Jahres 1986.

Kurzschluß (zwei Leiter werden gleichzeitig berührt) und Erdschluß (Kontakt Leiter - Erde direkt oder über mitgeführtes Nistmaterial oder Kotstrahl) werden besonders häufig bei Mittelspannungsmasten (1 kV - 60 kV) beobachtet. Die Gründe hierfür sind, daß zum einen Hoch- und Höchstspannungsleitungen ab etwa 60 kV gemieden werden und zum anderen Niederspannungsleitungen "fast" ungefährlich sind, da Holz (Nistmaterial!) und Federn zumindest in trockenem Zustand gute Isolatoren sind.

Gefährliche Mittelspannungsmasten sind:

- Masten mit Stützenisolatoren

- Masten mit Schutzfunkenstrecken

- Masten mit zu kurzen Abspannisolatoren und/oder mit einem Leiterseil, das zu nahe an der Traverse verläuft

- Masten mit zu kurzen Hängeisolatoren.

## 2.2 Aufprall der Vögel

Zweite Gefährdungsursache ist der Aufprall der Vögel gegen die Leiterseile oder andere Leitungsdrähte. Hier zeigen die Untersuchungen des Holländers René HEIJNIS (1980), daß die Verluste durch Drahtanflug bisher unterbewertet wurden.

HEIJNIS untersuchte eine Kontrollstrecke von 2 850 m unter einer 150 kV- und 380 kV-Leitung. Innerhalb von 5 Jahren fand er dort 2 968 Drahtopfer aus 73 verschiedenen Vogelarten. Dabei handelt es sich nicht nur, wie man annehmen möchte, um große, plumpe Vögel wie das Bläuhuhn, sondern auch um Kleinvögel wie Teichrohrsänger. Die Untersuchungen wurden in Wasservogelbrutgebieten durchgeführt. Vergleichbare Landschaften sind in Bayern selten. Um so dringender ist es, auch in anderen Lebensräumen diese Untersuchungen zu wiederholen. Sicher übertragbar ist das Ergebnis, daß die Zahl der Drahtopfer abhängig ist von der Zahl der Leiterebenen.

Daß unter Normalbedingungen so wenig Vögel unter Leitungen gefunden werden, erklärt HEIJNIS mit der Feststellung, daß Räuber und Aasfresser wie Rabenkrähe, Turmfalke, Iltis, Fuchs, Wiesel und Hauskatzen sich z.T. auf anfallende Kadaver spezialisiert haben. Er konnte das durch folgenden Versuch nachweisen.

Nach Auslegen markierter, toter Stare zwischen Hochspannungsmasten waren innerhalb von 24 Stunden 71 % der Tiere verschwunden. Die Abräumgeschwindigkeit war in der Nähe der Hochspannungsleitungen 4 - 5 mal so groß wie in anderen Gebieten. HEIJNIS konnte weiterhin zeigen, daß verletzte Vögel bis 2 km von Leitungen weg aufzufinden sind. Er folgert für die untersuchten 150 kV- und 380 kV-Leitungen, daß hier allein im Jahr ca. 700 Vögel/km verunglücken.

## 2.3 Entwertung von Brutgebieten

HEIJNIS (1980) stellt fest, daß Wiesenvögel den unmittelbaren Leitungsbereich, also beiderseits einen ca. 100 m breiten Streifen, meiden. Be-



kannt ist dies von Kiebitz, Uferschnepfe, Rotschenkel und Bekassine. Es gibt Hinweise, daß auch der Große Brachvogel den unmittelbaren Leitungsbereich als Brutgebiet meidet. Alle genannten Arten brauchen eine optisch weite Landschaft als Schutz vor Feinden. Masten als Ansitzwarten für Greif- und Krähenvögel entwerten die Brutgebiete.

Besondere Bedeutung besitzt diese Erkenntnis für Freileitungsmasten in Wiesenbrütergebieten nach Art. 6 d Abs. 2 BayNatSchG. Es sind dies Gebiete, in denen die Sicherung von Brut-, Nahrungs- und Aufzuchtstbieten des Großen Brachvogels, der Uferschnepfe, des Rotschenkels, der Bekassine, des Weißstorchs oder des Wachtelkönigs in feuchten Wirtschaftswiesen und -weiden in geeigneter Weise angestrebt werden soll.

Wiesenbrütergebiete sind in Bayern flächendeckend im Maßstab 1:25 000 kartiert. Die Karten liegen bei allen Naturschutzbehörden auf.

### 3. Schutzmaßnahmen

#### 3.1 Verkabeln

Das Verkabeln von Freileitungen ist sicher die wirkungsvollste Methode, gefährliche Freileitungsabschnitte zu entschärfen. Zu beachten ist, daß dabei nicht wertvolle Vegetationsbestände geschädigt werden. Verkabeln ist im günstigsten Fall doppelt so teuer wie eine Freileitung, ist aber an besonderen Gefahrenpunkten die einzige Lösung. Nicht verkannt werden soll das Problem des Blitzeinschlags in exponierte Endmasten.

#### 3.2 Vogelabweiser

Das Anbringen von Vogelabweisern auf den Traversen oder an den Isolatoren muß negativ beurteilt werden, da diese oft selbst als Sitzgelegenheit benutzt werden. Auch wenn sie aus isolierendem Material bestehen, der Abstand vom Leiterseil zum geerdeten Teil des Mastens wird dadurch nicht größer. Silberglaskugeln haben (wie auch im Garten) nur kurzfristigen Effekt.

#### 3.3 Isoliermanschetten

Eine sehr wirkungsvolle Methode ist es, mastnahe Leiterseile mit Isoliermanschetten zu versehen. Probleme bereitet dabei scheinbar noch die Wetterbeständigkeit des Materials.

#### 3.4 Entfernung von Schutzfunkenstrecken

Schutzfunkenstrecken, sog. Blitzhörner, sollten entfernt werden, wo immer möglich. Wo nicht, sollte mit Isoliermanschetten über den Leitern Abhilfe geschaffen werden.

#### 3.5 Umrüsten

Stützenisolatoren auf Mittelspannungsmasten sind hauptsächlich verantwortlich für die Tötung von Vögeln durch Stromschlag. Sie sollten auf Abspann- oder Hängeisolatoren ausreichender Länge umgerüstet werden.

#### 3.6 Umgehung wertvoller Gebiete

Bei Neutrassierung von Freileitungen sollten Wasser- und Wiesenvogelbrutgebiete sowie Brut- und Nahrungsgebiete von Schwarz- und Weißstorch umgangen werden. Als Alternative bietet sich eine Verkabelung in diesen Bereichen an.

### 3.7 Leiterseile in einer Ebene

Die Zahl der Todesfälle durch Leitungsanflüge ist direkt abhängig von der Zahl der Ebenen, in denen die Leiterseile angeordnet sind. Bei Neubau von Freileitungsstrecken sollen daher die Leiterseile möglichst in einer Ebene angeordnet werden.

### 3.8 Keine Durchschneidung wertvoller Biotop

Unzerschnittene, großflächige, naturnahe Lebensräume haben zur Erhaltung eines intakten Naturhaushalts einen besonderen Wert. Sie sollen mit Leitungstrassen nicht durchschnitten werden. Dies gilt vor allem für Auwälder und andere naturnahe Waldbestände. Wenn eine Durchschneidung unumgänglich ist, sollte zumindest auf möglichst flache mikroklimatische Gradienten geachtet werden. Es sollen also unter Leitungstrassen durch Wälder keine Äcker, sondern Gebüsche angelegt werden.

## 4. Ausblick

Die Dringlichkeit von Maßnahmen zum Schutz der Vogelwelt im Zusammenhang mit Freileitungen zeigt die Beratung des Themas im Bayerischen Landtag (Anlage 1, S. 102). Aus diesem Landtagsbeschluss resultiert ein Schreiben des Bayer. Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen vom 09.09.1985 an den Verband Bayer. Elektrizitätswerke e.V. Darin wird gebeten, bereits durchgeführte Maßnahmen mitzuteilen und Aussagen zu einem zukünftigen Konzept zu machen. Die Elektrizitätswerke werden auf weitere Auskünfte von den höheren Naturschutzbehörden und vom Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V. hingewiesen.

Beide Verbände haben daraufhin einen gemeinsamen Kartierungsbogen für gefährliche Strommasten im Mittelspannungsbereich erarbeitet (Anlage 2, S. 103). Dieser wird von beiden Organisationen verbreitet. Auf der Grundlage der Kartierung sollen Masten mit aktuellen Vogelverlusten herausgefunden und dann "entschärft" werden.

Das Material zu den Storchbrut- und -rastgebieten erhalten die Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen vom Landesbund für Vogelschutz im Jahr 1986. In diesem Jahr werden auch die Karten der Wiesenbrütergebiete aktualisiert, deren Ergebnisse den Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen ebenfalls zur Verfügung gestellt werden.

Alles in allem besteht der Eindruck einer gedeihlichen Zusammenarbeit zwischen den Elektrizitätsversorgungs-Unternehmen, amtlichem und Verbandsnaturschutz zum Wohl der heimischen Vogelwelt.

## Literatur

AKADEMIE FÜR NATURSCHUTZ UND LANDSCHAFTSPFLEGE (1980): Freileitungsbau und Belastung der Landschaft. Laufener Seminarbeiträge 8/80. 81 S.

BAYERISCHES STAATSMINISTERIUM FÜR LANDESENTWICKLUNG UND UMWELTFRAGEN, BStMLU (1983): Rote Liste bedrohter Tiere in Bayern. München. 40 S.

HEIJNIS, R. (1980): Vogeltod durch Drahtanflüge bei Hochspannungsleitungen. Ökologie der Vögel 2 (Sonderheft 1980): 111-129

# Beschluss

## des Bayerischen Landtags

Der Landtag hat in seiner heutigen öffentlichen Sitzung beraten und beschlossen:

Antrag der Abgeordneten Pausch-Gruber, Kolo u.a. SPD  
Drs. 10/5172, 5871, 6184, 7118

20 kV-Betonmasten

Die Staatsregierung wird ersucht,

1. auf die Energieversorgungsunternehmen einzuwirken, künftig möglichst nur noch 20 kV-Betonmasten zu verwenden, die keine Gefahr für Großvögel darstellen;
2. in Zusammenarbeit mit den Energieversorgungsunternehmen das laufende Programm zum Schutz von Großvögeln an den bestehenden 20 kV-Betonmasten (z.B. Sitztraversen) verstärkt fortzuführen und baldmöglichst zum Abschluß zu bringen.

Dem Landtag ist bis zum 01. Oktober 1985 zu berichten.

Der Präsident:

Dr. Heubl

## Anlage 2:

Kartierung gefährlicher Strommasten im Mittelspannungsbereich  
Landesbund für Vogelschutz / Energieversorgungsunternehmen

- Einzelmast  
 Leitungsabschnitt

LK

Gemeinde

Genauere Lagebeschreibung (evtl. Ausschnitt aus der Landkarte beifügen oder Skizze auf Rückseite)

für Einzelmast:	Name der Leitung	}	soweit ermittelbar, Schilder am Mast beachten
	Mastnummer		
	Schalturnummer		

- Gefahr durch Stützisolatoren  
 anderweitige Gefahr (z.B. Verzweigung etc.)

Leitungsabschnitt: Name der Leitung  
zumindest Nr. eines Mastes  
ca. Zahl der gefährlichen Masten

sind hier tote Vögel gefunden worden, wenn ja, welche  
ist nach toten Vögeln gesucht worden ja / nein  
brüten in der Nähe Großvögel (Weiß-Schwarzstorch, Uhu)  
(wird vertraulich behandelt!!)

Adresse des Bearbeiters (Telefon)

HÖLZINGER, J. (1980):

Verdrahtung der Landschaft: Auswirkungen auf die Vogelwelt. Vorwort.  
Ökologie der Vögel 2 (Sonderheft 1980): 3-5

Anschrift des Verfassers:

Johann Schreiner  
Akademie für Naturschutz  
und Landschaftspflege  
Seethaler Straße 6  
8229 Laufen a.d. Salzach

## MÖGLICHE BERÜCKSICHTIGUNG VON NATURSCHUTZBELANGEN IM BEREICH VON FREILEITUNGSTRASSEN

Johann Haseneder

### Übersicht

1. Einfügen von Masten und Leitungstrassen in die Landschaft (Bild 1 - 17) \*
2. Kriterien für die Wahl von Maststandorten (Bild 18 - 21)
3. Anstrich als Mittel der Anpassung (Bild 22/23)
4. Trassenfreihaltung bei Hecken und Einzelbewuchs
5. Spezielle Probleme in Landschafts- und Naturschutzgebieten
6. Trassenführung durch Flächenbewuchs (Schneisen und Überspannungen) (Bild 24 - 31)
7. Zusammenarbeit mit Naturschutzbehörden und Forstbehörden
8. Ausgleichs-Ersatzmaßnahmen
9. Vogelschutzmaßnahmen im Mittelspannungsbereich (Bild 32/33)

---

Als ein Vertreter der Stromversorger gestatten Sie mir ein kurzes Plädoyer für die Errichtung von Freileitungsanlagen, bevor ich zum gestellten Thema komme.

Die EVUs sind laut Energiewirtschaftsgesetz verpflichtet, elektrische Energie preisgünstig, ausreichend und so sicher wie nur möglich zur Verfügung zu stellen, wo immer auch im Bereich des Versorgungsgebietes ein Anschluß gewünscht wird.

Nimmt man diesen gesetzlichen Auftrag wörtlich, so gibt es aus der Sicht der Stromversorgung nur eine Lösung:

#### DIE FREILEITUNG.

Unbestritten entsprechen Freileitungen am besten dem Buchstaben des Energiewirtschaftsgesetzes; es gibt technisch und wirtschaftlich keine bessere Lösung, elektrische Energie zu übertragen.

Die Bundesrepublik Deutschland nimmt, was die Zuverlässigkeit der Stromversorgung anbelangt, weltweit eine Spitzenposition ein. Unabdingbare Voraussetzung hierfür sind zuverlässige Leitungsverbindungen. Für die Fortleitung der elektrischen Energie hat neben der bewährten Freileitungstechnik auch die Kabeltechnik Einzug gehalten. Der Verkabelungsgrad speziell im Niederspannungsbereich ist bereits sehr hoch. Dagegen war für höhere Spannungsbereiche, insbesondere für gering vermaschte Überlandnetze, bisher allgemein anerkannt, daß Kabel sowohl aus versorgungstechnischen Gründen als auch wegen der Kostenintensität

---

\* Bilder siehe Anhang (Seite 118 - 129)

ausschieden. Ein wesentlicher Maßstab in dieser Frage wird daher auch immer die Versorgungsdichte sein. Die oft zitierte Schlagzeile "Verdrahtung der Landschaft" ist daher von Fall zu Fall kritisch zu betrachten. Es muß einfach in die Erinnerung zurückgerufen werden, daß durch 3 Jahrzehnte hindurch die Stromversorger einen hohen Arbeitseinsatz hatten, um mit den jährlichen Zuwachsraten fertig zu werden. Vorhandene Leitungen mußten verstärkt, viele neue Leitungen gebaut werden - und nicht zuletzt wurde es notwendig, höhere Spannungsebenen in die Versorgung mit einzubeziehen.

Mit unserem wachsenden Wohlstand, den wir in großem Maße elektrischer Energie verdanken, entstanden also Leitungen mit größeren Masten für höhere Spannungen. Und nun an diesen Wohlstand gewöhnt, wollen sich manche nicht mehr daran erinnern, wie es dazu kam. Duldete man früher unsere Leitungsbauten, weil man Verständnis für deren Notwendigkeit aufbrachte, so macht sich heute ein Egoismus breit und darüber hinaus gibt es Gruppierungen, die sich grundsätzlich gegen alle technischen Maßnahmen stellen, seien es Leitungen, Straßen oder andere Maßnahmen der Infrastruktur.

Die Medien haben an dieser Meinungsbildung der Öffentlichkeit, die oft von kleinen, aber lautstarken Gruppen zielbewußt gesteuert werden, leider teilweise mitgewirkt.

Sie übersehen dabei vielleicht, daß damit ganz gewaltig am Ast unseres Wohlstandes gesägt wird und die Leistungsfähigkeit unserer Volkswirtschaft dadurch Schaden erleidet. Wir Stromversorger geben letztlich die uns entstandenen Mehrkosten weiter. Hört man auf unsere Warnungen nicht, so wird der kleine Mann, die große Zahl der Endverbraucher schließlich die Zeche bezahlen müssen.

Wir sollten deshalb begreifen, daß Umweltschutz nur von einer gesunden Volkswirtschaft getragen werden kann und daß man die verfügbaren Mittel für den Umweltschutz gezielt einsetzen muß. Sie alle wissen, daß wir in den nächsten Jahren sehr viel Geld zur Beseitigung von Luft- und Wasserverschmutzung aufwenden müssen.

Die Steigerung des Stromverbrauches aus dem öffentlichen Netz in Bayern betrug nach Angaben des VBEW 1983 - 1984 = 4,2 % und 1984 - 1985 = 4,3 %. Allein diese Steigerungsraten werden künftig die Errichtung neuer Stromverteilungsanlagen fordern. So werden wir auch in den kommenden Jahren und Jahrzehnten auf Freileitungen nicht verzichten können. Darin sehe ich jedoch keineswegs einen Freibrief, sondern die Verpflichtung, diese Freileitung in Zusammenarbeit mit Naturschutz und Forst möglichst so zu gestalten, daß die damit verbundenen Mängel für alle Beteiligten immer noch in erträglichem Rahmen bleiben.

Dieses Seminar hat sich u.a. nun die Aufgabe gestellt, zu ermitteln, welche Maßnahmen ergriffen werden können, um die Naturschutzbelange im Bereich von Freileitungstrassen zu berücksichtigen.

Bereits 1980 fand unter der Federführung der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL) ein Seminar in Eching statt, bei dem eine ähnliche Thematik behandelt wurde, nämlich "Freileitungsbau und Belastung der Landschaft". Das Seminarergebnis ist im Tagungsbericht 8/80 der ANL niedergeschrieben. Verlangen Sie daher von meinen folgenden Ausführungen keine revolutionierenden Neuheiten. Im Rahmen unserer Veranstaltung sehe ich vielmehr eine Vertiefung bzw. Ergänzung der bereits vorhandenen Aussagen. Desweiteren können die in den letzten 5 Jahren gemachten Erfahrungen und Erkenntnisse aufgezeigt werden. Ein Leitungsbau mit fertigen Kochrezepten kann auch heute noch nicht ange-

boten werden. Notwendig ist vielmehr ein geschärfter Instinkt und auch ein Gefühl für Anpassung in Zusammenarbeit mit den zuständigen Behörden; denn die Natur in ihrer unendlichen Vielfalt läßt feste Spielregeln nur in sehr begrenztem Umfange zu.

## **1. Einfügen von Masten und Leitungstrassen in die Landschaft**

Landschaftsschonende Maßnahmen lassen sich sowohl durch entsprechende konstruktive Gestaltung, als auch durch geeignete Trassenführung von Freileitungen erzielen.

Die konstruktive Gestaltung der Leitungsmaste wird im wesentlichen durch die Vorgaben der DIN/VDE 0210 (Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1-kV) beeinflusst. Diese VDE-Vorschrift wurde in letzter Zeit überarbeitet und hat in der Neufassung ab 01. Dez. 1985 Gültigkeit. Einzelheiten über die technischen und konstruktiven Möglichkeiten der Mastgestaltung wurden bereits im Referat des Herrn FLACH aufgezeigt. Ich möchte daher auf diesen Punkt nur noch dort eingehen, wo es zum besseren Verständnis meiner Ausführungen dienlich ist.

Die technischen und konstruktiven Vorgaben können nun durch gezielte planerische Maßnahmen ergänzt werden, um den "Eingriff in das Landschaftsbild und das Nutzungsgefüge des Naturhaushalts" so gering wie möglich zu halten.

Während die optische Anpassung von Nieder- und Mittelspannungsleitungen bedingt durch die schlanke und auch niedrige Bauweise bekanntlich keine größeren Probleme aufwirft, trifft dies bei Hochspannungsleitungen zu. Es kommt hier allerdings sehr auf Mastort und Trassenwahl an. Bei Höchstspannungsleitungen jedoch ist die visuelle Beeinträchtigung kaum mehr zu vermeiden (Bild 1, 2, 5).

Für eine richtige und erfolgreiche Einfügung von Freileitungen in das Landschaftsbild haben sich im Laufe der Jahre verschiedene Gestaltungsgrundsätze entwickelt. Zur Dokumentation verwende ich u.a. auch Bilder aus der Veröffentlichung Nov. 1980 des EIDGENÖSSISCHEN DEPARTMENT DES INNEREN mit dem Titel: "Wegleitung für die landschaftsschonende Gestaltung von Übertragungsanlagen für elektrische Energie und Nachrichten".

(Anpassung ans Gelände). Leitungszüge sind in Übereinstimmung mit den vorherrschenden Richtungen und Mustern der Landschaftsformen anzulegen. Der Leitungszug soll in natürlichen Geländeeinschnitten (natürliche Sichthindernisse) liegen, so daß mindestens einzelne Masten verschwinden und die Leitung nur noch teilweise sichtbar ist (Bild 4).

Im flachen Gelände sind alle diese Hinweise nur mit großen Einschränkungen anwendbar. Man wird sich oft damit begnügen müssen,

gerade Leitungszüge zu wählen, um die Gesamtkonstruktion nicht optisch aufdringlicher als notwendig zu gestalten; d.h. wenig schwere Abspannmaste.

Leitungshäufungen zu vermeiden und statt dessen gegenseitige Trassenabstände von 2 bis 5 km einzuhalten.

Ruhig wirkende Mastbauformen sind zu wählen.

Einebene-Anordnung mit einer Traverse wirken auch niedrig. Man sollte sie dort wählen, wo die Sicht frei und weit ins Land reicht. Als Nachteil der Einebenen-Mastform (Bild 3) ist der große Platzbedarf quer zur Leitungssachse zu erwähnen, der durch die weite Ausladung der Traverse notwendig wird. Alternativ hierzu bietet sich das Donau-Mastbild an.



Im Flachland und in offener Landschaft sind Freileitungen möglichst entlang von Hauptverkehrswegen und Bahnlinien zu führen (Bild 6).

Masten in der Blickrichtung (Sichtachsen) von Straßenfluchten, in der Aussichtsrichtung von Türmen etc. sind zu meiden (Bild 7).

Bevorzugte Blickrichtungen auf Anziehungspunkte wie Kirchtürme, schöne Gebäude etc. sind freizuhalten. Leitungen sollen hinter Bäumen und topographischen Hindernissen versteckt werden (Bild 8).

In der Nähe von Siedlungen ist beispielsweise darauf zu achten, daß die Bebauung so wenig wie möglich behindert werden soll. Schmale Mastbauformen wie das Tonnen-Mastbild und kleinere Spannweiten eignen sich dafür meist besser.

Hinzuweisen ist in diesem Zusammenhang darauf, daß es weder unter einer Freileitung, noch neben ihr grundsätzlich ein Bauverbot gibt. Es existiert lediglich eine Baubeschränkung, d.h. es sind gewisse Mindestabstände einzuhalten, die aus den VDE-Vorschriften hervorgehen.

(Landwirtschaftlich genutzte Landschaft) Hier ist es notwendig, die Behinderung der Bewirtschaftung in zumutbaren Grenzen zu halten. Man wird die Zahl der Maste durch Wahl großer Spannweiten möglichst reduzieren und außerdem die Maste an Grundstücksgrenzen oder in Flächen vorsehen, die den Maschineneinsatz bei der Bewirtschaftung nicht in Frage stellen.

Daß versucht wird, Maststandorte möglichst in die Nähe von Wegen anzuordnen, hängt auch mit dem Wunsche zusammen, die Maste später bei Kontrollen und Reparaturen leichter erreichen zu können. Indessen gibt es Vorschriften für die Mindestabstände der Maste von Gemeindewegen und Straßen aller Kategorien.

Mastentschädigung, Überspannungsentschädigung, Flur- und Aufwuchschäden werden nach den Richtlinien für die Vergütung bei Inanspruchnahme landwirtschaftlicher Grundstücke durch Mittel- und Hochspannungsleitungen, vereinbart zwischen dem Bayerischen Bauernverband und dem BVEW, bezahlt (Bild 9/10).

(Gebirge) Für Leitungsbauten im Gebirge sollten grundsätzlich folgende Gesichtspunkte Berücksichtigung finden:

kleine Masthöhen durch Wahl kurzer Spannfelder

Führung der Leitungstrasse knapp an Waldrändern oder am Fuße von Berghängen

Maststandorte so wählen, daß in der üblichen Hauptblickrichtung Silhouetten gegen den freien Horizont vermieden bleiben

Talsenken ausnutzen, auch wenn damit unter Umständen zusätzliche Winkel oder Längen in Kauf genommen werden müssen.

Leitungen sind grundsätzlich an Nordhängen zu führen. Hügelkuppen und Bergrücken sollen mit zwei niedrigen Masten überquert werden anstatt mit einem hohen Masten (Bild 11).

Talüberquerungen sind auf das Minimum zu beschränken und an engen Stellen vorzusehen (Bild 12, 13, 14).

(Gewässer) Freileitungen sollen nicht in kleinem Abstand mit natürlichen Fluß- und Seeufern parallel geführt werden (Bild 15). Flüsse sind in steilem Winkel zu überqueren. Im Bayer. Wassergesetz sind hierzu die einschlägigen Auflagen enthalten. Die wasserrechtlichen Verfahren werden über die zuständigen Landratsämter abgewickelt.

Zur Abbildung von Freileitungen über Binnenschiffahrtsstraßen im Radarbild der Schiffe müssen lt. Erlaß des Bundesministers für Verkehr vom 18.09.1980 Radarreflektoren vorhanden sein (Bild 16). Kreuzungswinkel, Leitungshöhe und Art der Radarreflektoren werden in Verbindung mit dem Wasser- und Schiffsamt abgestimmt.

Naturschutz und Landesplanung äußern vermehrt den Wunsch, sog. Leitungsstraßen zu schaffen, um dafür an anderer Stelle reizvolle Gebiete von Leitungstrassen freizuhalten (Häufung von Leitungen, gebündelte Energiestraßen). Auch heute noch kann man dieses Thema unterschiedlich bewerten. Zum einen wird die Landschaft ohne Zweifel mehr belastet. Zum anderen sind aus technischer Sicht Bedenken anzumelden.

Negative Argumente hierzu sind:

Optische Beeinträchtigung durch teilweise notwendige "Supermaste" (Bild 17)

Zumutung für die betroffenen Grundeigentümer

Schlechtere Betriebsführung

Abschaltung mehrerer Systeme bei Störungen, dadurch mögliche Versorgungsengpässe

Unüberschaubare Folgen bei Naturkatastrophen oder Sabotage.

## 2. Kriterien für die Wahl von Maststandorten

Die meisten Aggressionen gegen Freileitungen werden dadurch ausgelöst, daß man sie als technische Fremdkörper in sonst unberührter Natur empfindet. Das Problem der visuellen Störung ist also dominierend in allen Diskussionen über Freileitungen - damit haben wir uns in erster Linie auseinanderzusetzen.

Wirtschaftlich störend können Freileitungen sein, wenn Waldschneisen notwendig werden, aber auch, wenn ihre Maste die landwirtschaftliche Nutzung behindern. In allen diesen Fällen wird allerdings vom Stromversorgungsunternehmen ein entsprechender Ausgleich geleistet - ich denke dabei an Entschädigungen im Rahmen forstlicher Gutachten soweit Wald betroffen ist - oder auch an die bereits erwähnten Entschädigungen nach den Richtlinien des Bayer. Bauernverbandes. Die Kriterien sind streng, es wird dafür gesorgt, daß dem Forst- oder Landwirt kein Schaden auf Dauer entsteht.

Ökologisch störend mag eine Leitung sein, wenn Maste etwa in Feuchtbiosphären oder anderen biologisch wichtigen Flächen gegründet werden müssen. Teilweise werden auch von den Naturschützern Bedenken angemeldet, Maste auf sog. Ödflächen zu plazieren, da diese meist wertvolle ökologische Restbereiche darstellen.

Zum Vorteil der Freileitung darf in diesem Zusammenhang erwähnt werden, daß eine Bodeninanspruchnahme kaum erforderlich ist. Die Natur wird nur an den relativ wenigen Maststandorten (in der Praxis rd. 3 - 4 Stück je Kilometer) in Anspruch genommen. Dagegen muß zur Verlegung unterirdischer Versorgungsleitungen der Bewuchs durchgehend völlig beseitigt werden. Für die Erdarbeiten ist schweres Baugerät erforderlich und demzufolge entsprechende Bodenverdichtung. Die Grabung selbst bringt die Gefahr einer Störung der Mikrofauna, sowie von Mutterbodenverlusten durch Vermischung mit sich. Der Leitungsgraben kann durch die Veränderung der Bodenstruktur zu Drainageeffekten führen. Eventuelle Erwärmung der Kabel im Betrieb sorgt für zusätzliche Austrocknung. Tiefwurzelnder Bewuchs ist auch im Trassenverlauf nicht möglich.

Während wirtschaftliche und ökologische Belange mit den Besitzern bzw. zuständigen Behörden abzuklären sind, können bereits im Planungsstadium gezielte Kriterien für die Maststandorte Anwendung finden.

Hierzu einige Beispiele (Bild 18):

Freileitungen sollen an großmaßstäbliche, landschaftsprägende Elemente wie Wälder, Hauptverkehrswege, Industriezonen etc. angelehnt werden.

Hohe Masten sind nicht unmittelbar neben kleineren Einzelementen wie Bauernhäuser, Kapellen, Holzbrücken etc. zu erstellen.

Die Mastenstandorte und -höhe von Weitspannleitungen sind so zu wählen, daß die Leiterseile der allgemeinen Relieflinie folgen (Reliefanpassung).

Eckmasten und Abspannmasten sind an unauffälligen Stellen zu platzieren (Sichtschutz) (Bild 19).

Besonders exponierte und auffällige Masten sind mit Bäumen zu tarnen. Die Bepflanzung (Bild 20) soll die Anlage optisch mit der Umgebung verbinden. In besonderen Fällen kann die Bepflanzung an bevorzugten Betrachterstandorten (z.B. Aussichtslage) die Anlage abschirmen. Es sind nur standortsgemäße, natürlich vorkommende Baumarten oder landwirtschaftliche Nutzbäume anzupflanzen.

Bei Hügeln, die niedriger sind als die Höhe der Leitungsmasten, sind die Leitungen am Hangfuß und nicht mitten im Hang entlang zu führen (Bild 21 oben).

Bei abgetreppten Hängen (Hangterrassen) sind die Leitungen an Hangflächen zu erstellen und nicht auf den Terrassenflächen (Bild 21 unten).

### 3. Anstrich als Mittel der Anpassung

Das Erscheinungsbild einer Leitung kann oft günstig mit Hilfe eines passenden Anstriches beeinflusst werden. Hierbei ist die Farbgebung hauptsächlich abhängig von dem über den Jahresverlauf vorherrschenden Helligkeitswert und auch von den Hintergrundverhältnissen. Helle oder glänzende Mastoberflächen sollen gedunkelt oder mattiert werden (Bild 22/23).

Bewährt haben sich in diesem Zusammenhang Farbtöne ähnlich wie RAL 6015 schwarzoliv, RAL 7022 umbragrau, jedoch jeweils mit matter Oberfläche.

### 4. Trassenfreihaltung bei Hecken und Einzelbewuchs

Wollte man dieses Thema gänzlich behandeln, wäre es erforderlich, das Bayer. Naturschutzgesetz im Gesamtumfang zu zitieren. Es ist dem Energieversorgungsunternehmen bewußt, welche Problematik hier besteht. Da der Trassenbereich in unserer intensiv genutzten Kulturlandschaft häufig letztes Rückzugsgebiet für vielfältige Tier- und Pflanzenarten ist, soll durch schonende Unterhaltungsmaßnahmen sich eine naturnahe Flora und Fauna ausbilden können. Andererseits müssen aber auch Auslichtungsarbeiten vollzogen werden, um eine störungsfreie Stromversorgung zu sichern. Es war daher sinnvoll, gewisse Maßnahmen für die Trassenfreihaltung aus dem Absolutverbot nach Art. 2 Abs. 1 NatEG auszuklammern. Um die Einhaltung der naturschutzrechtlichen Bestimmun-

gen in vollem Umfang zu gewährleisten, wurden von den EVUs verschiedene Aktivitäten entwickelt:

Ausgabe innerbetrieblicher Arbeitsanweisungen. Einholung von Informationen über ökologisch wertvolle Flächen nach Art. 6 d Bayer. NatSchG, Biotopkartierung und sonstige Hinweise über schutzwürdige Bereiche, soweit diese Gebiete im Trassenbereich liegen.

Es hat sich als schonender erwiesen, mehrere zeitlich versetzte Pflegegänge durchzuführen als ganze Kahlschläge.

Bei einem frühzeitigen Pflegegang, z.B. etwa 3 Jahre nach einer Abholzung, ist jeder baumartige Gehölzbewuchs, der so hoch werden kann, daß er in etlichen Jahren in die Leitung wächst, schon als Jungholz zu entfernen. Wird diese Maßnahme ggf. nach weiteren 3- 5 Jahren wiederholt, kann sich der angestrebte dichte niedrige Bewuchs ausbilden. In diesem dichten Niederwald wird dann auch weitgehend der Anflug von Baumsamen verhindert, da der Samen nicht auf den Boden gelangt bzw. die Pflänzchen durch den dichten niedrigen Bewuchs erstickt werden.

Bei Auslichtungsarbeiten sind Störungen der Vogelwelt während des Brutgeschäfts zu vermeiden. Unterhaltungsmaßnahmen dürfen daher grundsätzlich nur in der Zeit vom 01. September bis 28. Februar durchgeführt werden. Soweit einzelne Bäume Freileitungen während der Vogelbrutzeit konkret gefährden, ist die Beseitigung der Bäume unter Schonung des Gesamtbestandes durchzuführen. Auslichtungsarbeiten sind daher frühzeitig zu beginnen.

Auslichtungsarbeiten in Natur- oder Landschaftsschutzgebieten, geschützten Landschaftsbestandteilen, Naturdenkmälern, kartierten Biotopen und geplanten Schutzgebieten sind vorher mit den zuständigen unteren Naturschutzbehörden abzusprechen.

Der Einsatz von chemischen Mitteln, z.B. Krenite, dürfte der Vergangenheit angehören, angesichts ihrer negativen Auswirkungen auf den Naturhaushalt und der möglichen mechanischen Niederhaltung des Pflanzenaufwuchses. Letztlich möchte ich noch erwähnen, daß vielfach schon mit Unterhaltungsmaßnahmen betraute Personen in Fortbildungsveranstaltungen über die Bedeutung ökologisch wichtiger Bereiche und die aus Naturschutzsicht optimale Beseitigungsform geschult wurden. Es wäre sicher fruchtbar, diese Schulungen in Verbindung mit den Naturschutzbehörden zu intensivieren.

## **5. Spezielle Probleme in Landschafts- und Naturschutzgebieten**

Die Errichtung von Freileitungsanlagen in Landschafts- und Naturschutzgebieten stellt besondere Anforderungen an den beteiligten Personenkreis. Es hat sich in der Vergangenheit bewährt, vor Einleitung eines Raumordnungsverfahrens für z.B. eine 110-kV-Leitung das Bauvorhaben mit den Naturschutzbeauftragten abzustimmen. Im Verlaufe des Raumordnungsverfahrens kann dann eine weitere Interessenabstimmung erfolgen.

Als Träger öffentlicher Belange werden die Energieversorgungsunternehmen an den Verfahren zur Ausweisung von Landschafts- und Naturschutzgebieten beteiligt. Soweit sich bestehende Netzanlagen in diesen Gebieten befinden, darf der Unterhalt und Betrieb dieser Versorgungsanlagen durch die Unterschützstellung nicht beeinträchtigt werden. Insofern ist es für die EVUs von Bedeutung, daß ein entsprechender Hinweis in die Verordnung aufgenommen wird. Selbstverständlich müssen bei Unterhaltungsarbeiten, wie im NatEG aufgeführt, die jeweiligen Sonderbestimmungen für das Gebiet eingehalten werden.

Nachdem wir bei der Projektierung von Netzbauten bemüht sind, derartige Gebiete nach Möglichkeit zu umgehen, ist es von Wichtigkeit, stets aktuelle Unterlagen hierüber von den zuständigen Behörden zu erhalten.

## **6. Trassenführung durch Flächenbewuchs (Schneisen und Überspannungen)**

Wälder sollen möglichst umfahren werden, sofern dadurch nicht eine insgesamt stärkere Belastung der Landschaft entsteht (Bild 6).

Ist eine Umfahrung des Waldes nicht möglich, wird die Entscheidung problematisch. Überspannt die Leitung, stört sie das landschaftliche Panorama, nicht aber den unmittelbaren Gesichtskreis und den Bewuchs. Wird eine Schneise in das Gehölz geschlagen, ist der ökologische Zusammenhang in der Regel zerrissen. Waldflächen und u.U. wertvolle Naturbiotope können verlorengehen.

Etwas scherzhaft vermerkte in diesem Zusammenhang einmal ein Experte, daß die beste Trasse diejenige sei, die nicht gebaut wird; dies freilich aus der einseitigen Sicht einer sich dem Naturschutz verpflichtet fühlenden Waldwirtschaft. Es könnte hier auch der Eindruck entstehen, daß die EVUs aus "Spaß an der Freude" Leitungen bauen, dem ist jedoch nicht so. Man kann aber auch nicht darüber hinwegsehen, daß weiterhin Neuanlagen erforderlich werden. Dabei wird auch künftig Wald in Mitleidenschaft gezogen werden müssen. Voraussetzung für eine schonende Bauausführung ist jedoch, daß die Planung von vornherein gemeinsam mit den Forstleuten erfolgt.

### A) Möglichkeit der Überspannung:

Wo keine tragbare Umfahrung möglich ist, sind bestehende Schneisen von Verkehrswegen für den Leitungszug auszunützen oder Wälder an schmalen Stellen zu überspannen.

Bei Überspannung der Wälder sind wenig über den Wald ragende Mastentypen zu verwenden. Dies gilt besonders in flachem bis leicht hügeligem Gelände (Bild 24).

In besonderen Fällen kann durch geeignete waldbauliche Behandlung ohne nennenswerte wirtschaftliche Einbuße eine Reduktion der Überspannungshöhe und damit eine landschaftsschonende Lösung ermöglicht werden.

### B) Möglichkeit der Schneise:

Eine Schneise ist winklig anzulegen, damit kein Durchblick entsteht (Bild 26/27/28/29).

Trassenwinkel in Schneisen sperren die optische Sicht auf weite Strecken und auch in gewisser Weise eine Kaminwirkung des Windes.

Sieht man über die Grenzen Bayerns hinweg, so kann man feststellen, daß auch hier die unterschiedlichsten Stellungen zu diesem Problem eingenommen werden.

Während in Baden-Württemberg auf Veranlassung der Forstbehörden und mit Duldung der Naturschutzbehörden seit Jahren fast alle Hochspannungsleitungen waldüberspannend, d.h. ohne Schneisenaufhieb gebaut werden, lehnt die Landesstelle für Naturschutz und Landschaftspflege in Nordrhein-Westfalen Waldüberspannungen ausdrücklich ab.

Aus dieser Situation heraus darf es für die EVUs keine Frage sein, diese bestimmt schwierige Aufgabe nur in enger Verbindung mit den zuständigen Fachleuten zu lösen.

Müssen Schneisen durch Hochwald geschlagen werden, so besteht die Gefahr des Umbruches von Randbäumen durch Schnee oder Wind. Entspre-

chend breite Schneisen müssen dann die Freileitungen vor Baumeinwurf schützen. Wetterfest gewachsene Bäume oder Baumgruppen können demgegenüber soweit stehen bleiben, als keine Berührungsfahr mit den Seilen auch im Falle des Ausschlingens besteht. In Mastnähe kann die Schneise wegen der dort hochliegenden Seile auch enger gehalten werden als in Spannfeldmitte.

Besonders an den Westrändern von Wäldern sollte man Schneisen nicht völlig öffnen. Oft erlaubt es die Anordnung eines Mastes unmittelbar am Waldrand, einen dichteren Baumverband stehen zu lassen, der dann mithelfen kann, Windaufbrisse zu vermeiden.

Schneisenschutzanlagen, d.h. die Verankerung von Randbäumen rechts und links an den Rändern einer Schneise, können bei Freileitungen bis etwa 110-kV dazu beitragen, die Schneisen relativ schmal zu halten. Damit kann es gelingen, alle durch breitere Schneisen zu erwartenden Nachteile zu vermeiden bzw. zu reduzieren. Erfolgreiche Versuche haben damit bereits die IAW durchgeführt (Bild 25/30/31).

## **7. Zusammenarbeit mit Naturschutzbehörden und Forstbehörden**

Wir alle, sei es der Naturschutz, der Forst oder die Energieversorgung, handeln in gesetzlichem Auftrag. Für die einen ist das Naturschutzgesetz maßgebend, für die anderen das Waldgesetz und die Stromversorger sind an das Energiewirtschaftsgesetz gebunden. Jedes dieser Gesetze ist klug formuliert und erweckt durchaus den Eindruck absoluter Priorität - von vernünftiger Zusammenarbeit ist weniger zu lesen und auch die Politiker vermeiden es, sich festzulegen. Zwangsläufig kommt es so zu Konflikten; jeder von uns sieht sich in der Wahrung seiner gesetzlich verankerten Pflicht behindert.

Wir sollten uns von diesen etwas unklaren Vorgaben nicht irritieren lassen, sondern erkennen, daß ein Funktionieren von Umweltschutz und Volkswirtschaft gleichermaßen wichtig ist. Beide Ziele schließen einander nicht aus im Gegenteil, beide Prioritäten können überhaupt nur im Rahmen einer sinnvollen Koordinierung voll wirksam werden.

Dazu ist aber zwischen den Praktikern vor Ort eine aufgeschlossene Zusammenarbeit in gegenseitigem Vertrauen notwendig. Und dies ist nur möglich, wenn man seine Partner und deren Probleme kennt und versteht. Die Zusammenarbeit mit den Landschafts- und Naturschützern hat in den letzten Jahren viel an einschlägigen Erkenntnissen und Erfahrungen gebracht. Ich meine, sämtliche Stromversorger sind auch künftig gerne bereit, weitere Anregungen aufzugreifen und auf ihre Ausführbarkeit zu prüfen.

## **8. Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen**

Nach Artikel 6a des Bayer. Naturschutzgesetzes ist der Verursacher eines Eingriffes im wesentlichen verpflichtet,

vermeidbare Beeinträchtigungen von Natur und Landschaft zu unterlassen

unvermeidbare Beeinträchtigungen auszugleichen und

bei nicht ausgleichbaren Eingriffen durch Ersatzmaßnahmen die gestörten Funktionen des Naturhaushaltes oder Werte des Landschaftsbildes möglichst gleichzeitig zu gewährleisten.

Soweit bekannt, ließen sich auf dieser Basis die mit Freileitungsbauvorhaben zusammenhängenden Probleme in Bayern mit den Naturschutzbehörden stets einvernehmlich regeln.

Nun gibt es allerdings Fälle, in denen Ersatzmaßnahmen nicht möglich sind. Ein Beispiel dafür wäre etwa die optische Störung einer bisher unberührten Landschaft durch ein technisches Bauwerk. Nach Auffassung des Umweltschutzes darf die Unmöglichkeit, hier durch Ersatzmaßnahmen den Eingriff auszugleichen, nicht dazu führen, daß auf die Ersatzpflicht überhaupt verzichtet wird. Es soll deshalb eine gewisse Ergänzung des Gesetzestextes vorgesehen werden, deren Formulierung z. Zt. noch Gegenstand von Diskussionen ist.

(Art. 6a Abs. 3 Sätze 2 und 3:)\*

"Soweit der Verursacher zu diesen Maßnahmen nicht imstande ist, kann statt dessen die Naturschutzbehörde Ersatzmaßnahmen auf Kosten des Verursachers durchführen. Die Kosten sind durch Bescheid festzusetzen; die Erstattung der Kosten kann vom Verursacher vorweg verlangt werden".

Dies ist nach allgemeiner Auffassung der Betroffenen nicht tragbar, weil

1. nicht einzusehen ist, weshalb einer Behörde die Durchführung einer Ersatzmaßnahme möglich sein soll, nicht aber dem Verursacher. Entweder geht es überhaupt - oder auch nicht!
2. dies ein Blankoscheck für die Naturschutzbehörde wäre, Maßnahmen auf Kosten Dritter zu veranlassen, ohne daß Gewährleistung für einen vertretbaren und zumutbaren Rahmen bestünde,
3. dem Veranlasser schon vorab die auf ihn zukommenden Ersatzkosten verbindlich bekannt sein müßten. Nur so kann er entscheiden, ob sich seine geplanten Investitionen auch noch wirtschaftlich lohnen,
4. auch die Verursacher ein Recht darauf besitzen, daß ein räumlicher Bezug gewahrt bleibt.

Das heißt: Eingriffe im Raum X müssen auch durch Ersatzmaßnahmen im gleichen Raum ausgeglichen werden. Nur so bleibt örtlich ein befriedigender und anerkannter Ausgleich gewährleistet (die Gemeinde X will Ersatz im Raum X).

Zusammenfassend meine ich, daß die geplante Ergänzung des § 6a Abs. 3 wie folgt lauten müßte:

"Soweit der Verursacher zu Ersatzmaßnahmen im betroffenen Landschaftsraum nicht imstande ist, hat er Ersatz in Geld zu leisten. Der Ersatz in Geld ist von den Landkreisen nach Anhörung der Gemeinde oder von der kreisfreien Gemeinde, auf deren Gebiet der Eingriff erfolgen soll, für Zwecke des Natur- und Umweltschutzes oder der Landschaftspflege zu verwenden. Das Bayer. Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen regelt durch Rechtsverordnung im Einvernehmen mit dem Bayer. Staatsministerium für Wirtschaft und Verkehr die Höhe der Ersatzzahlung und das Verfahren zu ihrer Erhebung. Die Höhe ist unter Berücksichtigung der wirtschaftlichen Zumutbarkeit nach der Schwere des Eingriffes oder der ersparten Kosten für Ersatzmaßnahmen zu bemessen. Die Schwere des Eingriffes bestimmt sich in der Regel anhand der beanspruchten Fläche unter Berücksichtigung der Vorbelastung".

Soweit es Anlagen der öffentlichen Stromversorgung betrifft, wäre der Sachverhalt noch wie folgt zu kommentieren:

Während private Investoren selbst und nach wirtschaftlichen Gesichtspunkten über Investitionen entscheiden können, ist die Stromversorgung dem Energiewirtschaftsgesetz verpflichtet, und muß der Versorgungssicherheit und Preiswürdigkeit dieser Versorgung gleichermaßen entspre-

---

\* seit 1.8.1986 in Kraft

chen. Jede neue Leitung dient in der Regel zunächst der Versorgungssicherheit; eine unmittelbare Aufstockung der Stromabgabe ist - zumindest im Hochspannungsnetz - damit nicht verbunden.

Da die Stromversorger aufgrund der erwähnten gesetzlichen Verpflichtungen nicht wirtschaftlich frei in ihrer Entscheidung sind, neue Leitungen zu bauen oder nicht, müßte dies auch in der Bemessung von Ersatzabgaben deutlich zum Ausdruck kommen. Es darf schließlich nicht übersehen werden, daß alle Abgaben letztendlich in die Strompreise eingehen und man vermeiden sollte, Umweltpflege auf Umwegen zu finanzieren. Besser wäre es sicher, dem Bürger direkt die Kosten für alle Maßnahmen zu präsentieren, die im Sinne der Umwelt notwendig und sinnvoll sind.

## 9. Vogelschutzmaßnahmen im Mittelspannungsbereich

Lassen Sie mich damit beginnen, Ihnen zu versichern, daß die deutschen Stromversorgungsunternehmen also auch die Bayerischen Elektrizitätswerke dem angeschnittenen Problem sehr aufgeschlossen gegenüberstehen. Dies kommt u.a. auch in der eben erst in Kraft getretenen Neufassung der Vorschrift DIN VDE 0210 "Bau von Starkstrom-Freileitungen mit Nennspannungen über 1-kV" klar zum Ausdruck; Punkt 8.10 behandelt darin speziell die Notwendigkeit der Berücksichtigung des Vogelschutzes bei Leitungsneubauten.

Pressemeldungen, die oft einer objektiven Richtigstellung bedürfen, haben in letzter Zeit den Eindruck erweckt, als ob die Stromversorgungsunternehmen bisher noch nichts unternommen hätten, Gefahrenstellen zu entschärfen, die sich für Vögel beim Absitzen auf Mittelspannungsfreileitungen u.U. ergeben könnten. Dieser Auffassung muß mit allem Nachdruck widersprochen werden. Richtig ist vielmehr, daß

1. schon bisher die Stromversorgungsunternehmen allen konkreten Hinweisen des Naturschutzes oder anderer Stellen auf erwiesenermaßen "vogelgefährdende" Leitungsabschnitte des Mittelspannungsnetzes nachgegangen sind mit dem Ziel, diese Gefahrenstellen zu entschärfen. Dies ist durch eine Reihe von Anerkennungs schreiben an die EVUs belegbar.
2. die Stromversorgungsunternehmen und verschiedene Spezialfirmen, vielfach in Zusammenarbeit, eine Reihe von technischen Lösungen entwickelt haben, die sich im Sinne der "Entschärfung" bereits bewährten. Weitere Vorschläge werden laufend aufgegriffen und auf ihre Brauchbarkeit getestet.

Folgende Absicherungsmöglichkeiten werden auf Mittelspannungsleitungen angewandt:

- a) Beschichtung der Traverse. Diese Art Vogelschutz zu betreiben, ist sehr teuer und hat sich nicht bewährt.
- b) Vogelabweiser (Lieferant z.B. Fa. Driescher oder Fa. Wirschitz) ausgebildet als PVC-Stäbe (Stachelform), die am Stützisolator aufgesetzt werden.
- c) Isolierschlauch, Langzeiterfahrungen hinsichtlich UV-Einstrahlung sind noch nicht vorhanden. Die Gefahr von eventuellen hochfrequenten Funkstörungen ist ebenfalls gegeben.
- d) Abdeckhauben (Bild 32) z.B. Fa. ELSIG. Passend nur für bestimmte Isolatortypen. Nicht geeignet für Doppelstützer und Winkeltragmaste.



- e) Sitz- und Abweisstangen. Diese Möglichkeit des Vogelschutzes wurde allgemein auch von den Vogelschutz-Experten als gut anerkannt.
- f) Vermeidung der Mittenüberführung bei Abspannmasten. Eine seitliche "Unterführung" der mittleren Phase verringert die Gefahr (Bild 33).
- g) Einsatz der Hängerbauweise.

Natürlich ist es bekannt, daß auch das bereits bestehende Leitungsnetz zur Gefährdung von Greif- und Großvögeln beiträgt. Dieses Netzvolumen ist indessen so immens groß, daß schon der Gedanke an generelle Umbauaktionen unrealistisch wäre. Realisierbar hingegen sind im bestehenden Netz gezielte Maßnahmen, also Umbauten in örtlich begrenzten Bereichen, die sich als überdurchschnittlich gefährlich für Vögel erwiesen haben.

Am 13.12.85 fand bei der OBAG in Regensburg ein Gespräch statt, an dem mehrere Mitarbeiter der Bayer. EVUs sowie Herren des Umweltministeriums und des LBV (Landesbund für Vogelschutz in Bayern e.V.) teilnahmen.

Es bestand Einigkeit darüber, durch noch engere Zusammenarbeit künftig wirkungsvollen Vogelschutz zu betreiben. Es ist hierbei ein schrittweises Vorgehen beabsichtigt:

1. Kartierung der Weißstorchpopulation und Lieferung von Planunterlagen durch den LBV.
2. Kartierung der Wiesenbrüterpopulation und Lieferung von Planunterlagen durch den LBV.
3. Kartierung gefährlicher Leitungsmaste unter Verwendung des vom LBV angefertigten Vordruckes.

Darüber hinaus ist im VBEW die Schaffung einer Broschüre "Vogelschutz bei Freileitungsmasten" geplant, in der die verschiedensten Möglichkeiten des Vogelschutzes aufgezeigt werden sollen.

Schließlich wurden im Rahmen des Verbandes Bayerischer Elektrizitätswerke für Ansprechstellen gesorgt. Den Ortsverbänden soll es künftig so ermöglicht werden, schnell und unbürokratisch ihre aktuellen Probleme an die zuständigen Stellen zu bringen. Wenn die Ortsverbände also den Stromversorgern künftig akute Gefährdungsstellen aufzeigen, so darf erwartet werden, daß diese auch in absehbarer Zeit beseitigt werden.

Zusammenfassend dürfte sich somit feststellen lassen, daß künftig für den Vogelschutz auf diesem Wege mit motivierten Mitarbeitern auch auf Seite der Stromversorger viel getan werden kann.

Letztlich kommt es doch nicht auf die Zahl umgerüsteter Maste an, sondern auf die Zahl entschärfter Gefährdungsstellen - und dies mag je nach Geländebedingungen von Unternehmen zu Unternehmen sehr unterschiedlich sein.

Welcher Weg nun aber auch immer gewählt wird, man wird nicht an der Tatsache vorbeikommen, daß alle Bemühungen um den Vogelschutz nur zu einer Reduzierung, nicht aber zu einer Beseitigung der Gefährdung führen können.

So besteht die Hoffnung, daß die von den EVUs angestrebte Verbesserung der Zusammenarbeit auf Seite des LBV auch zum besseren Verständnis unserer Probleme führt; daß es gelingt, Lösungen zu schaffen, die für beide Aufgabenstellungen Vogelschutz und Energieversorgung gleichermaßen akzeptabel sind.

Lassen Sie mich nun mein Referat mit der Feststellung schließen, daß die Leitungsbauer sich durchaus der Verantwortung gegenüber der Umwelt bewußt sind, daß sie sich ehrlich um vernünftige Lösungen im Sinne des Umweltschutzes bemühen, soweit es nur irgendwie möglich ist.

Denn letztlich sind auch wir an der Erhaltung unserer schönen Landschaft, unserer Heimat, interessiert.

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Johann Haseneder  
Energieversorgung Ostbayern AG  
8400 Regensburg



Bild 1



Bild 2

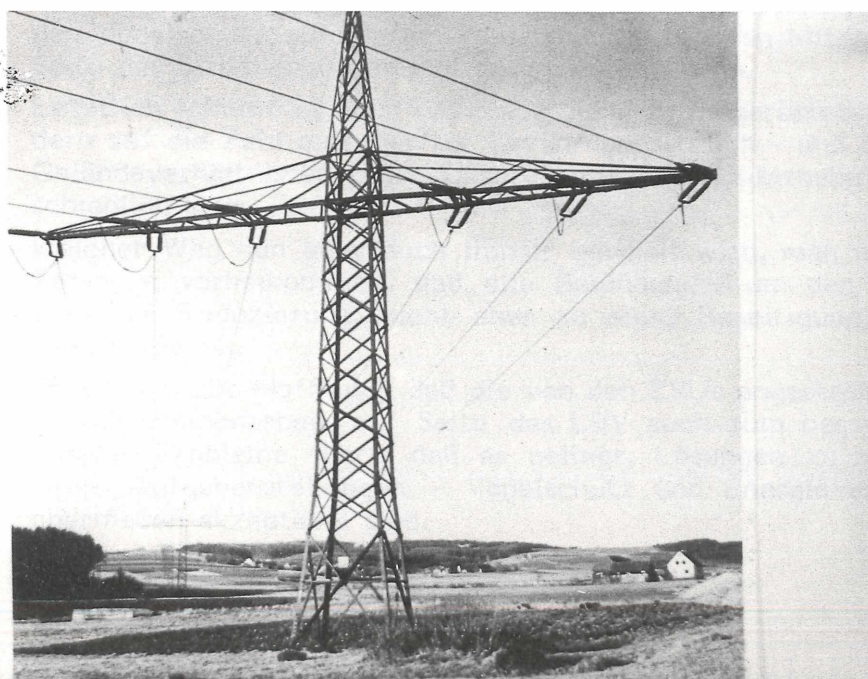


Bild 3

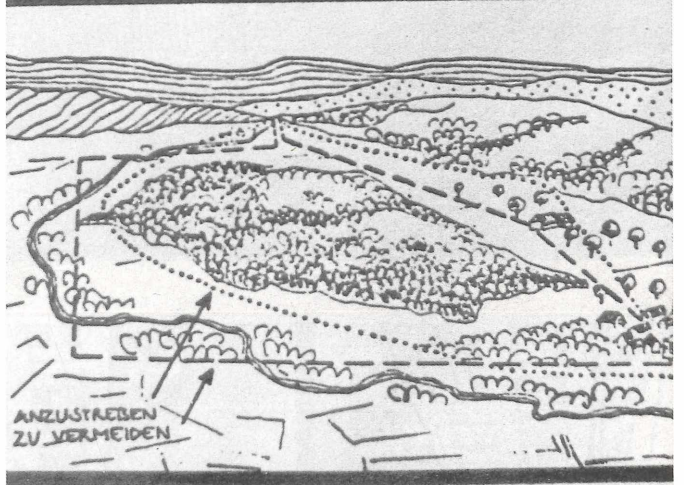
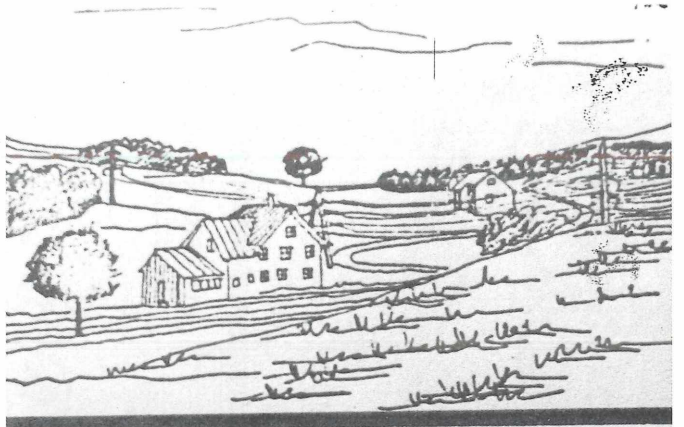


Bild 4

Mögliche Verbesserungen von

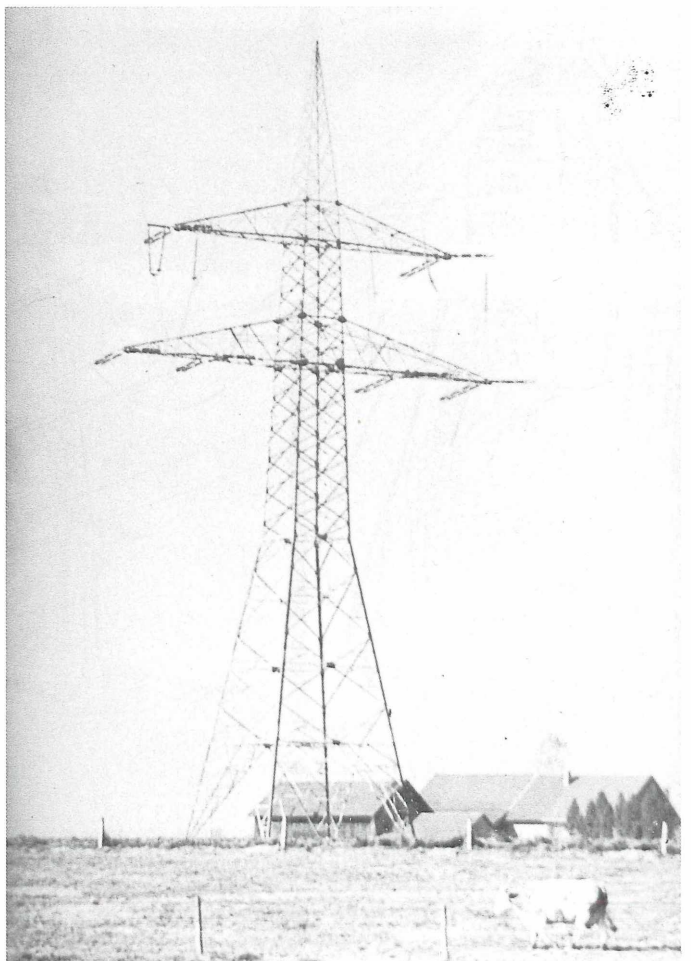
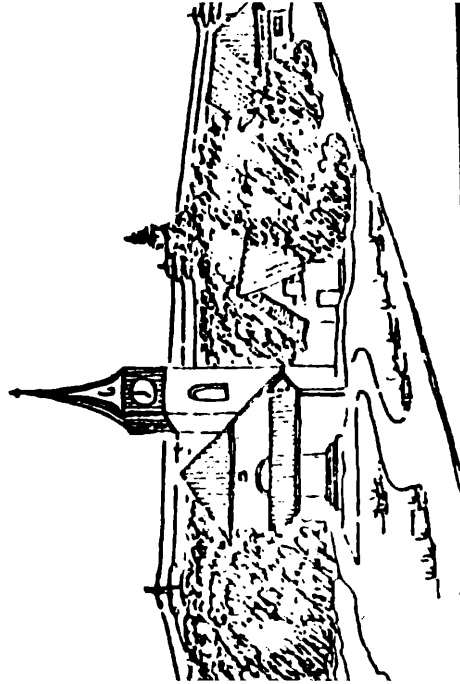
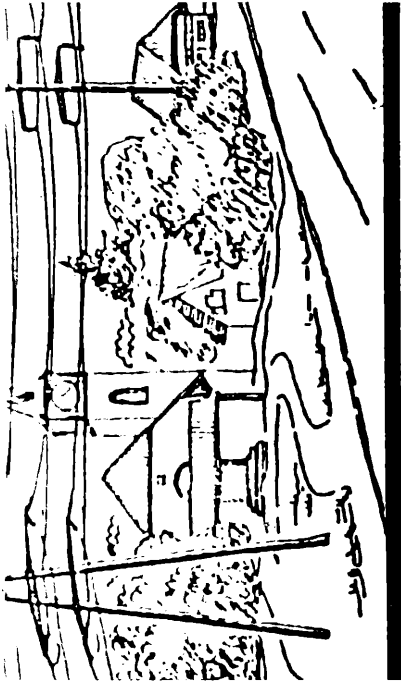


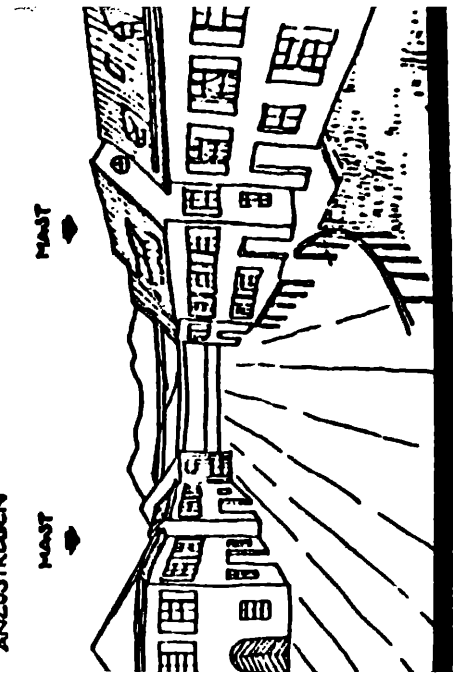
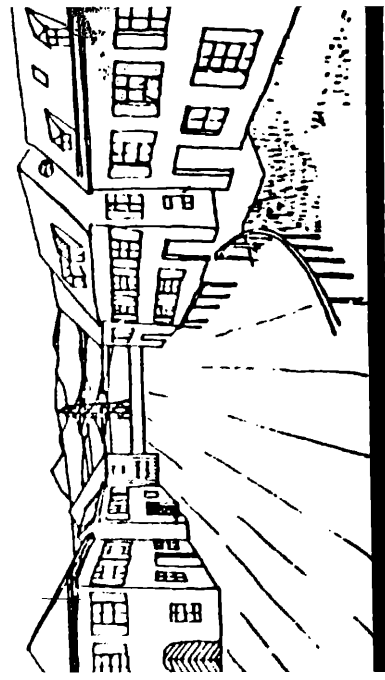
Bild 5





**Mögliche Verbesserungen von**

Bild 8



**Mögliche Verbesserungen von  
Leitungsstrassen**

Bild 7

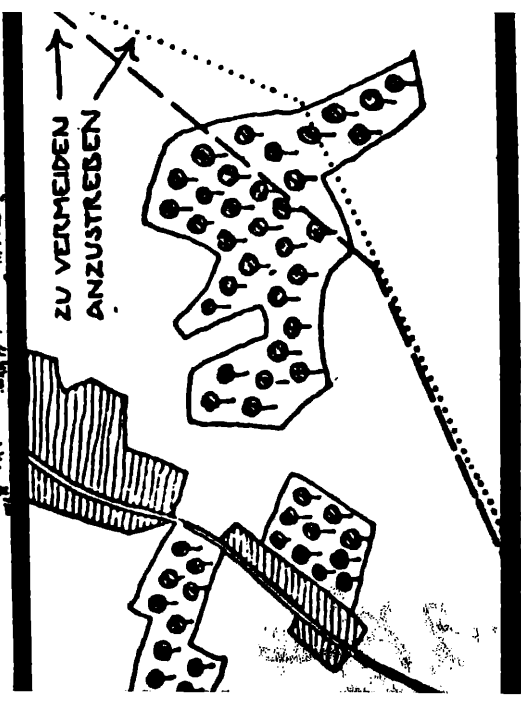
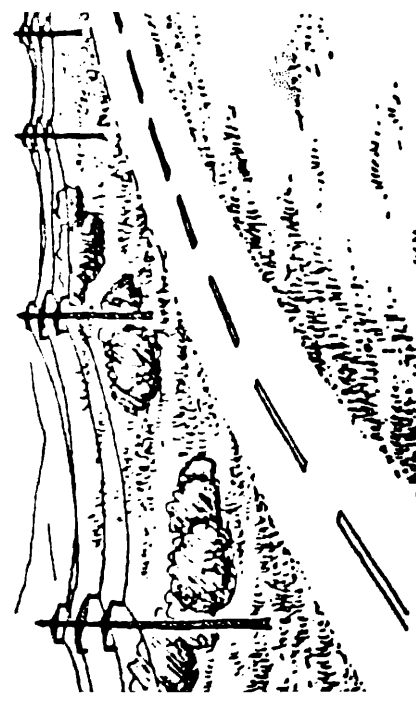


Bild 6



Bild 9

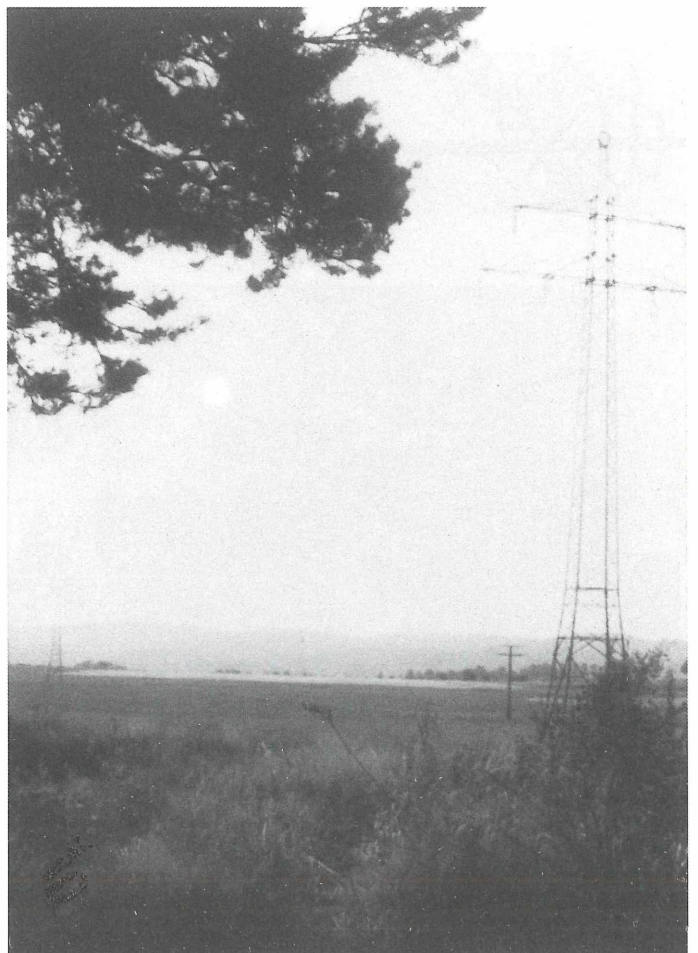


Bild 10



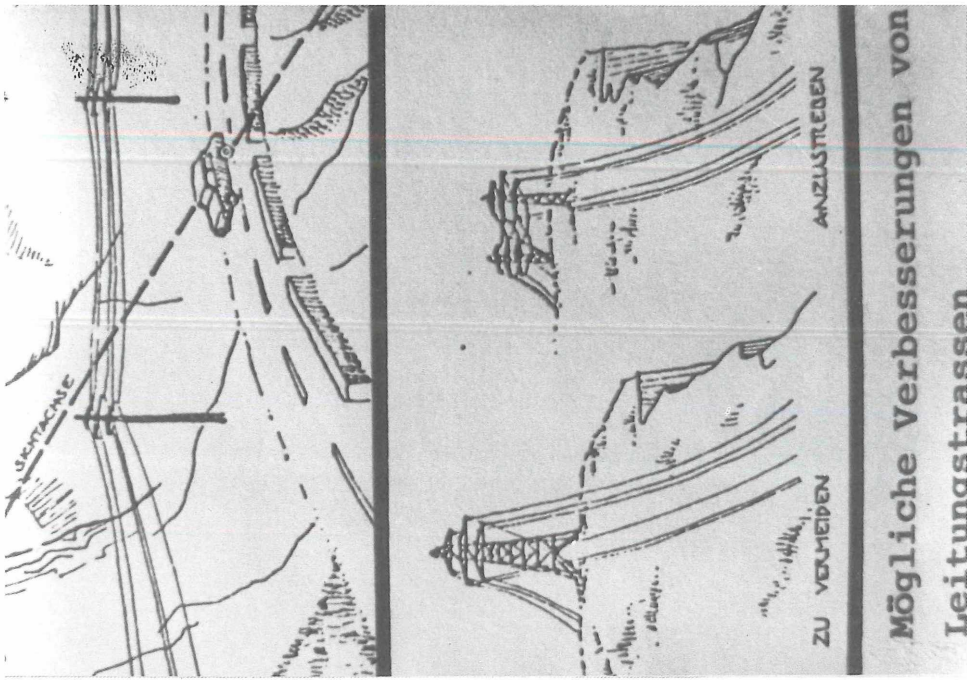


Bild 11

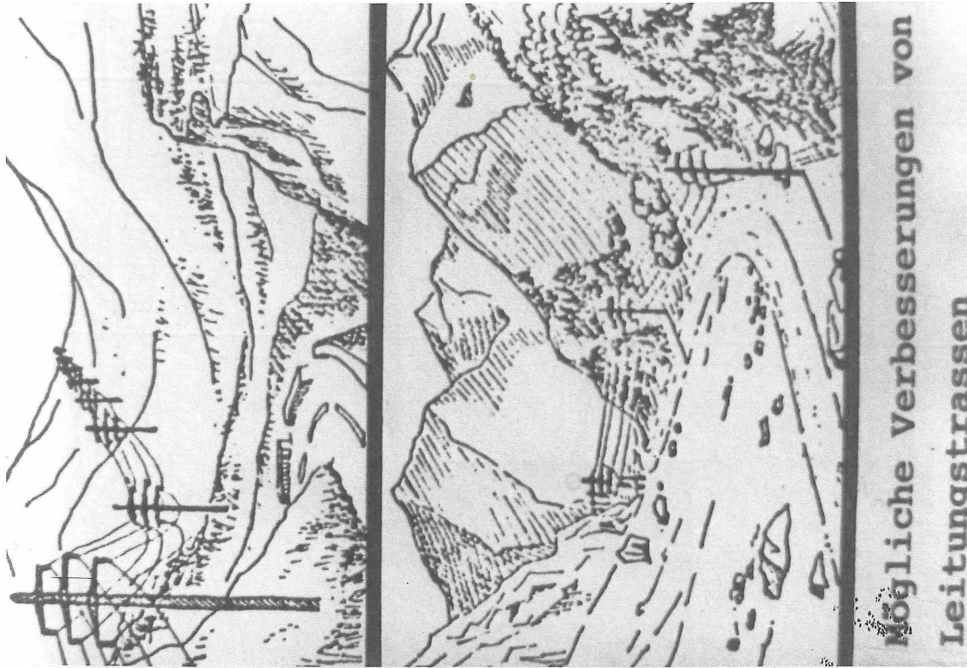


Bild 12

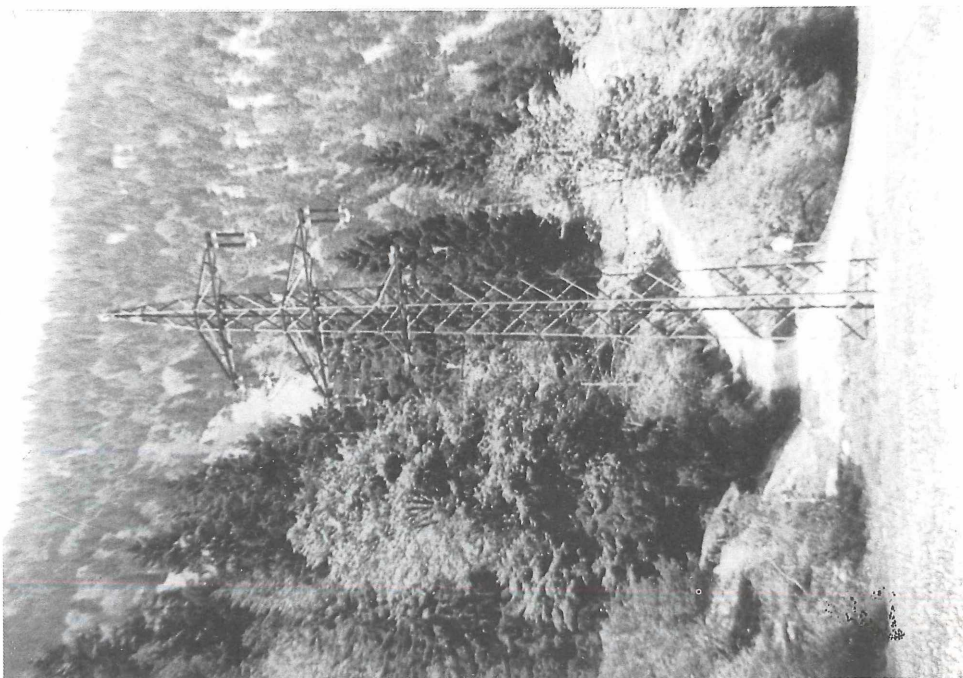


Bild 13





Bild 14

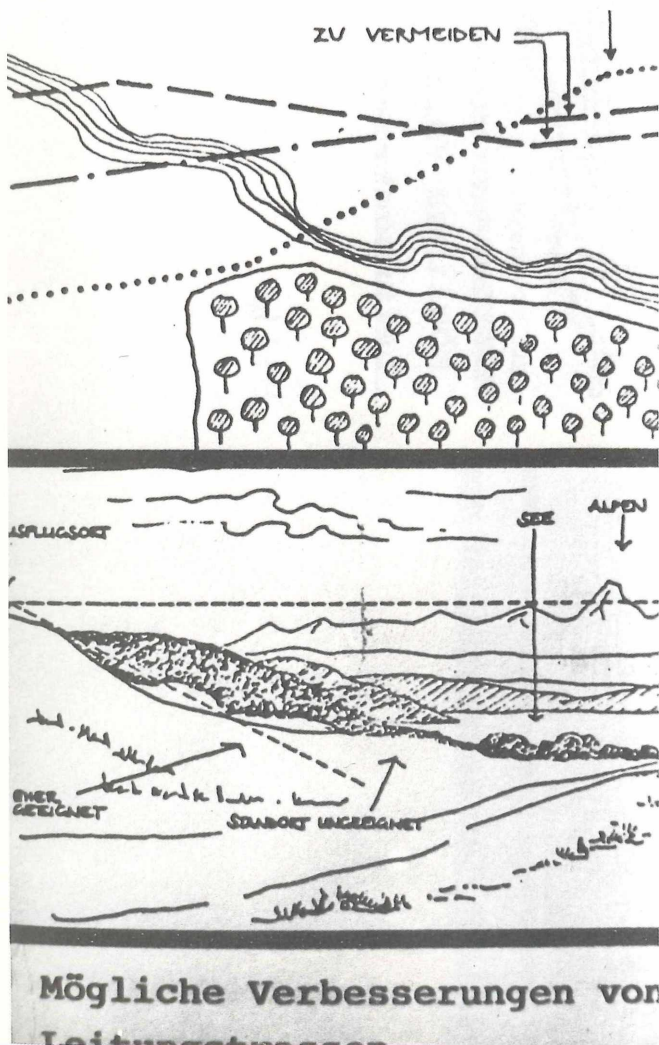


Bild 15

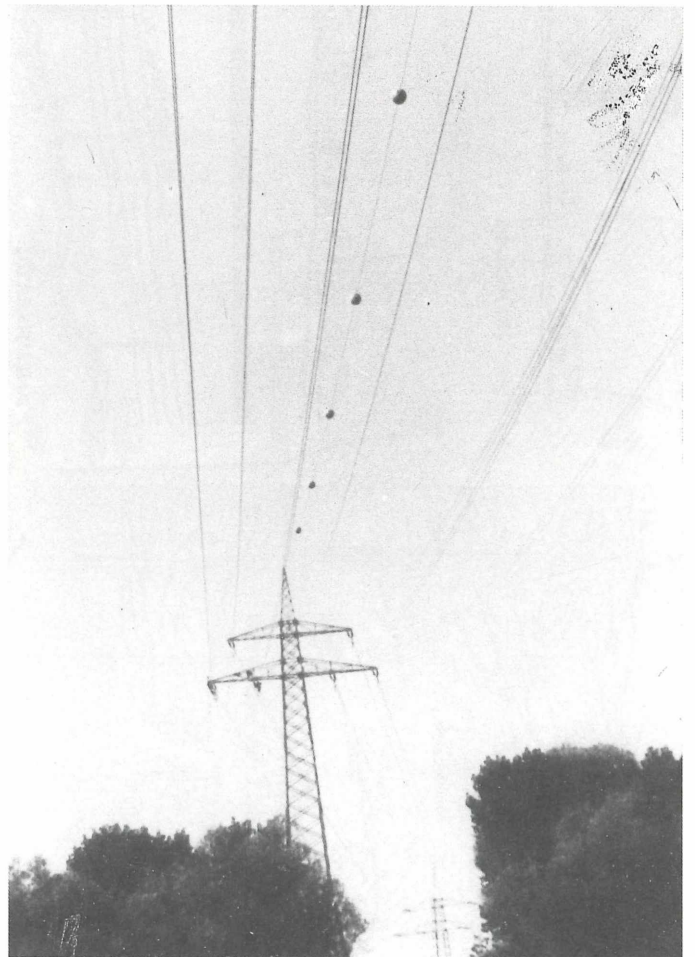


Bild 16



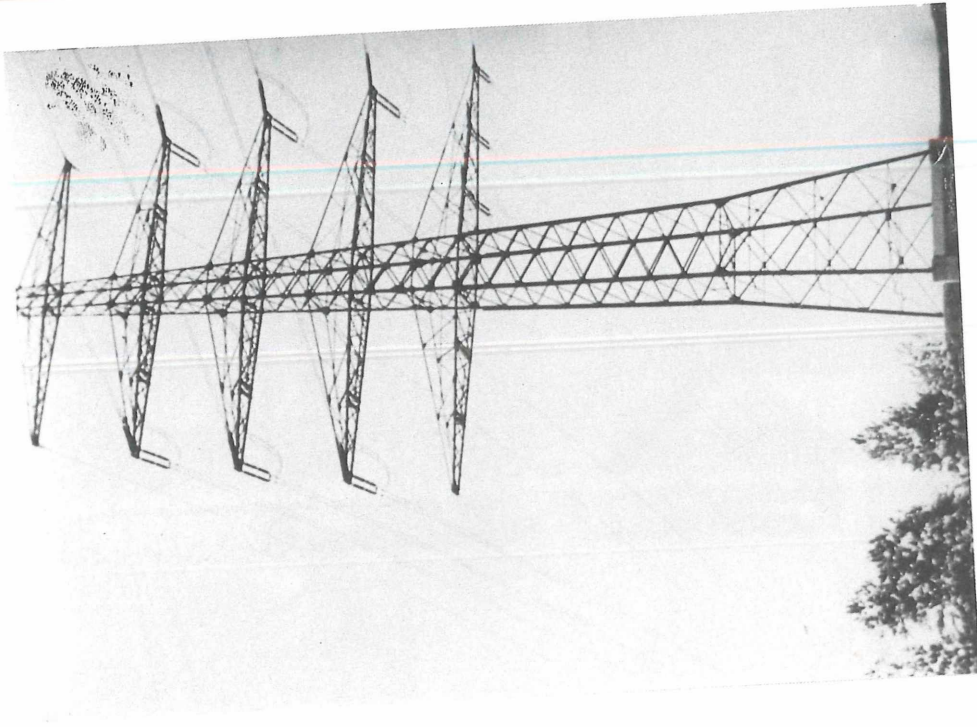


Bild 17

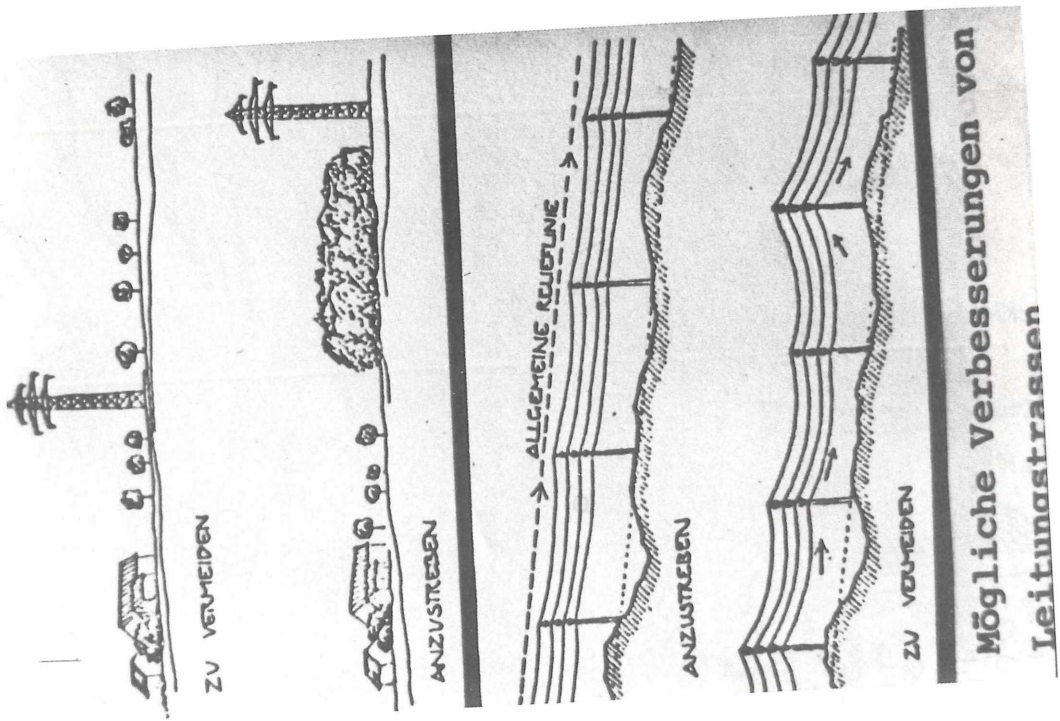


Bild 18

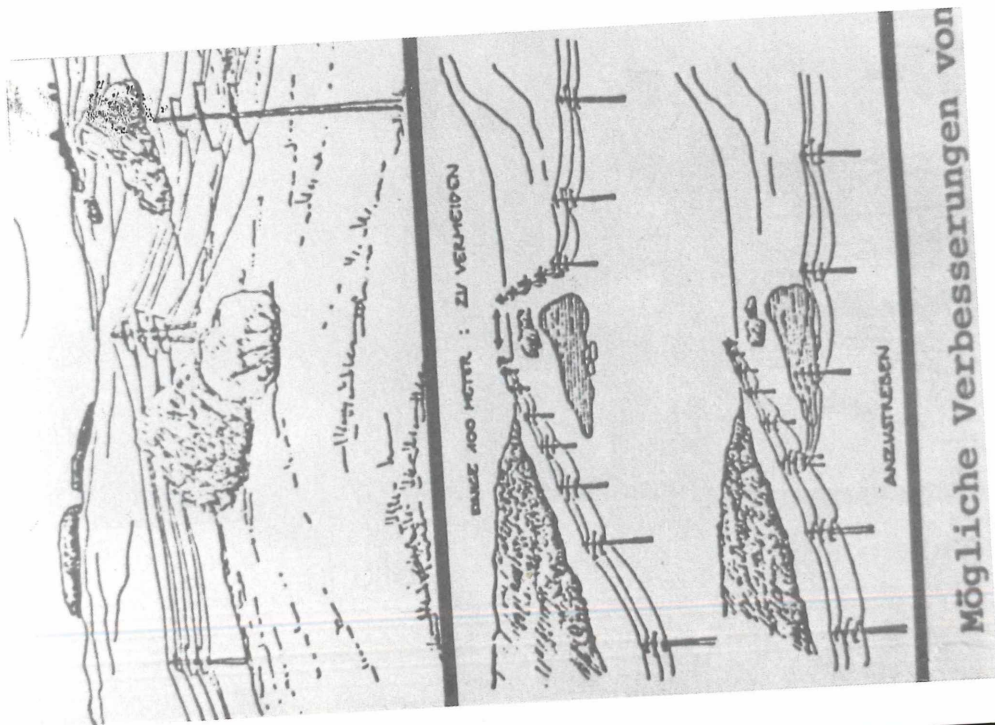
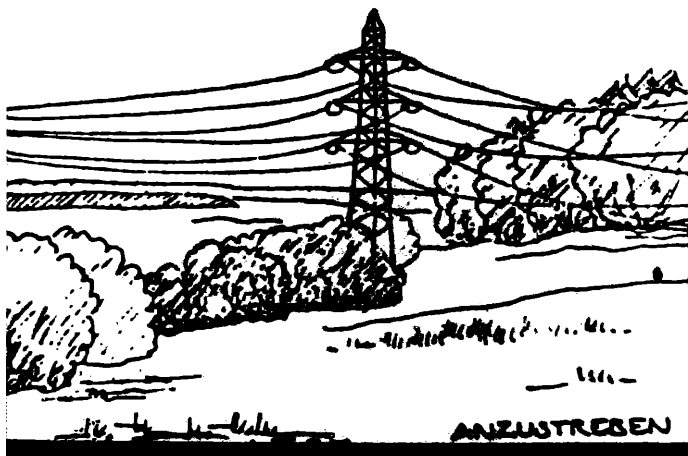
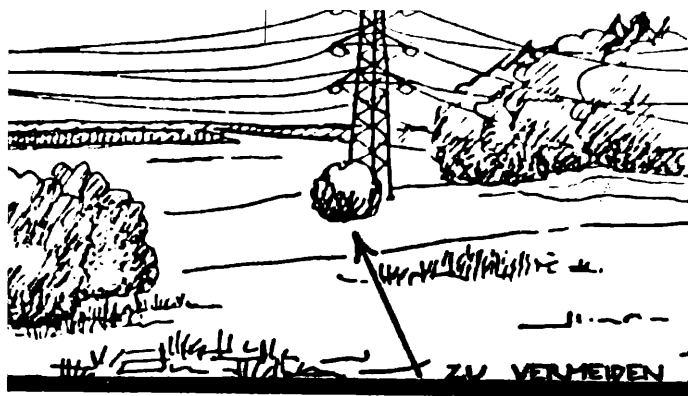
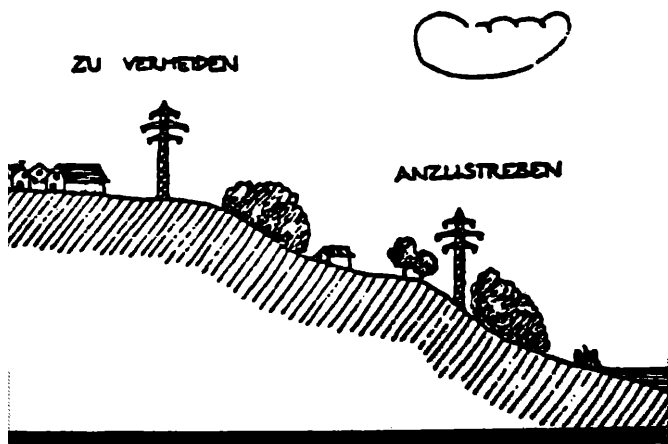
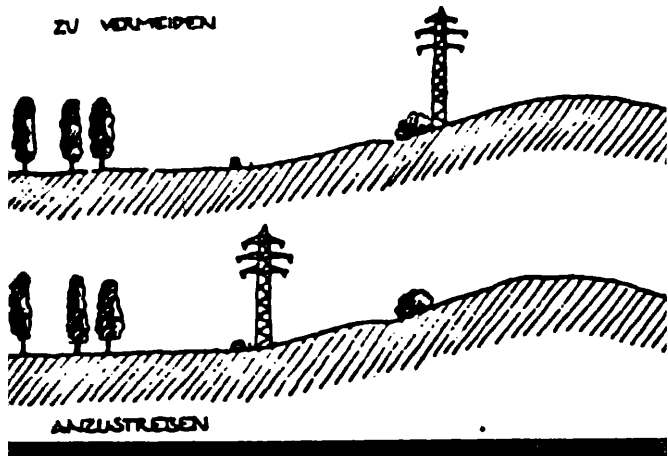


Bild 19



**Mögliche Verbesserungen von Leitungstrassen**

Bild 20



**Mögliche Verbesserungen von Leitungstrassen**

Bild 21

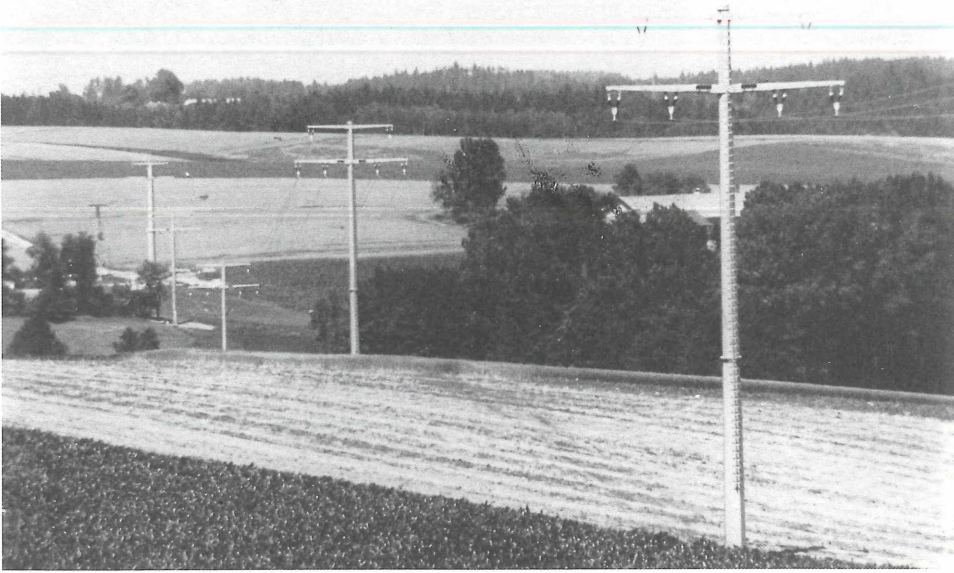


Bild 22



Bild 23



Bild 24



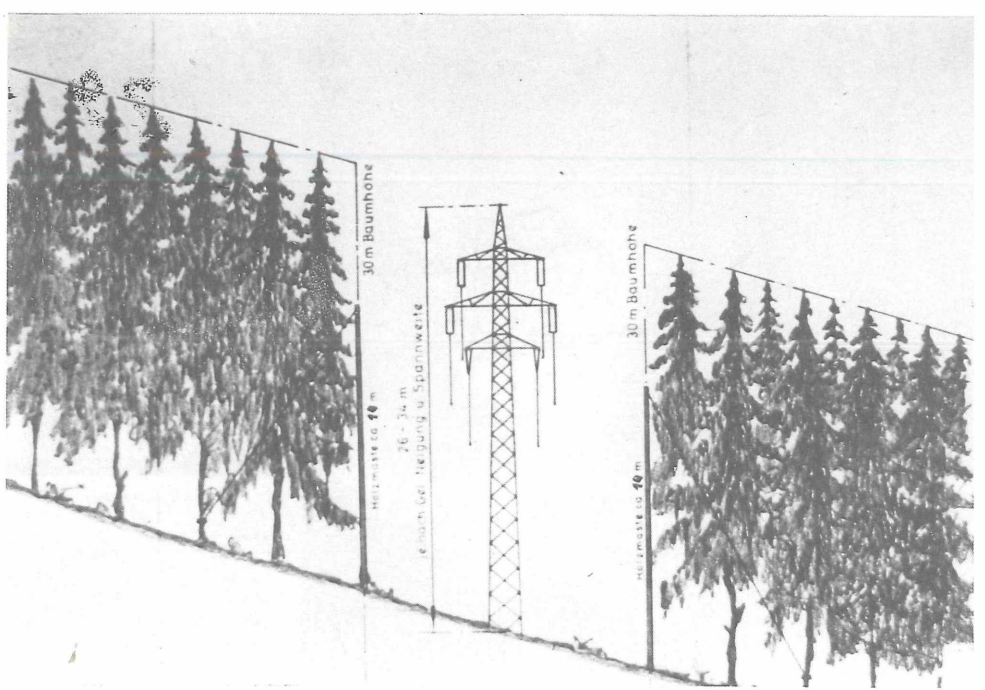


Bild 25

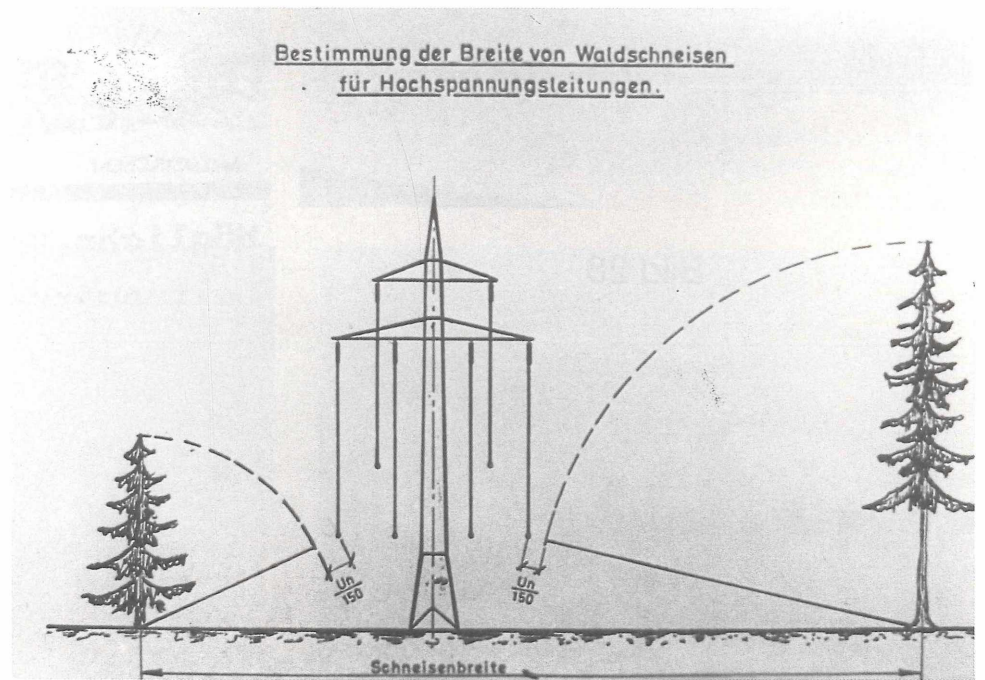


Bild 26



Bild 27



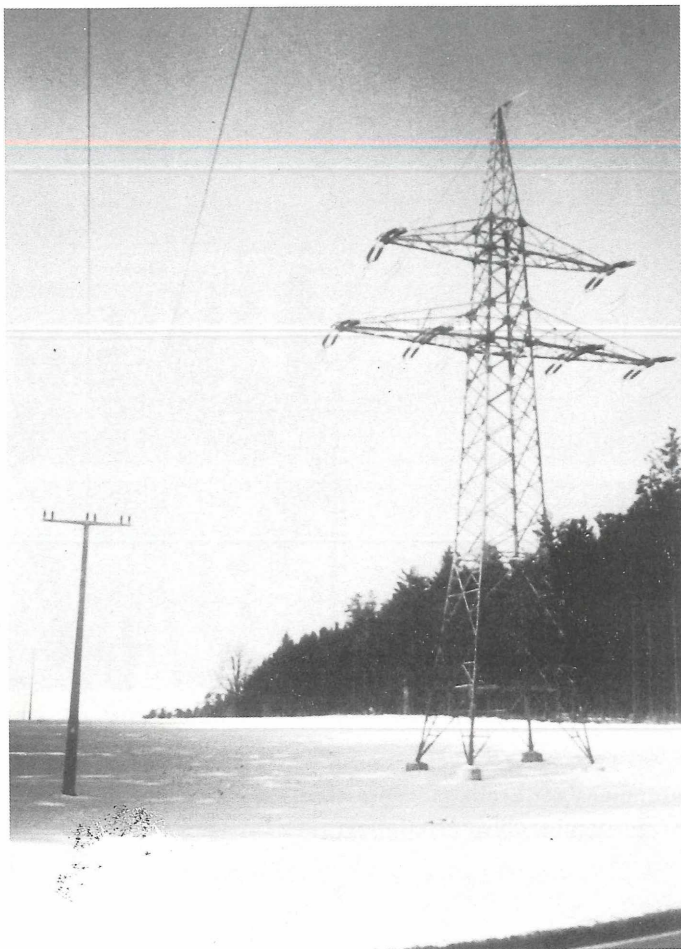


Bild 28

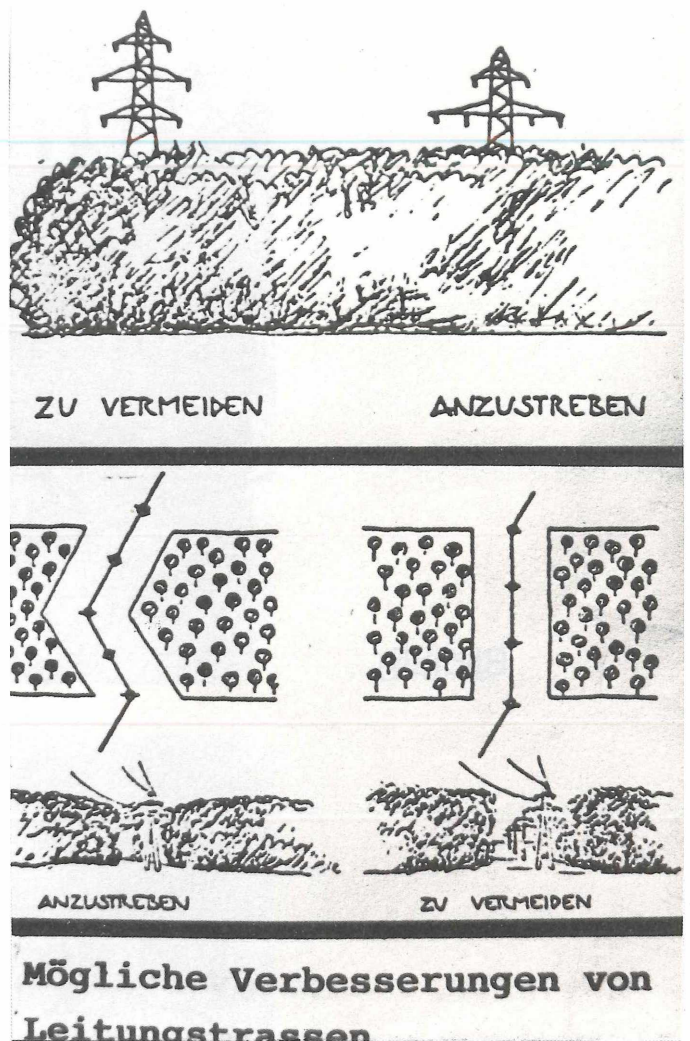


Bild 29

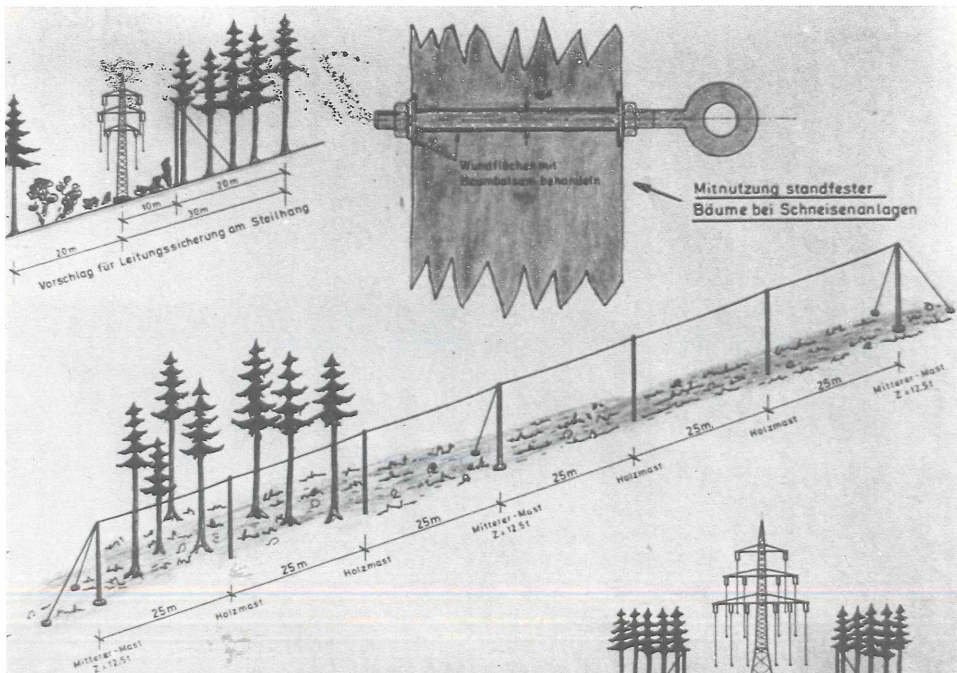


Bild 30





Bild 31



Bild 32

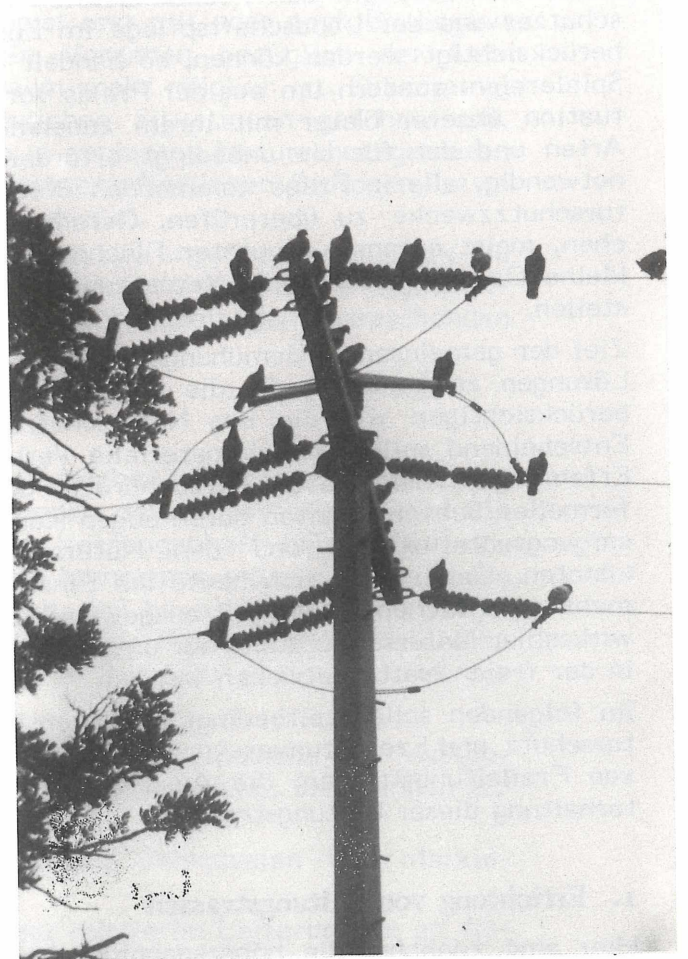


Bild 33

## **NATURSCHUTZ UND FREILEITUNGEN (erweiterte Gliederungsskizze)**

Klaus Heidenreich

Das gemeinsame Seminar von Mitarbeitern der Energieversorgungsunternehmen mit Vertretern der Naturschutzbehörden in der bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege ist das Ergebnis von seit langem bestehenden Kontakten zwischen beiden Bereichen und soll der gegenseitigen Information und dem gemeinsamen Gespräch dienen.

Dies erfolgt zu einem Zeitpunkt, in der die Bayerische Verfassung durch die Ergänzung um das Staatsziel 'Umweltschutz' neue Akzente nicht nur für den Gesetzgeber, die Rechtsprechung und die Verwaltung, sondern auch für Kommunen, Körperschaften des öffentlichen Rechts und schließlich für jeden einzelnen von uns gesetzt hat. Unser aller Aufgabe ist es nun, in dem jeweiligen Zuständigkeitsbereich durch konkrete Maßnahmen für eine Umsetzung dieses Auftrags zu sorgen. Als Beispiel eines solchen konkreten Erfolges mag bereits gelten, daß die Energieversorgungsunternehmen inzwischen auf jeder Regierungsbezirksebene einen eigenen Ansprechpartner für Fragen des Natur- und Vogelschutzes genannt haben.

Wenn es heute um den Problembereich geht, wie Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege im Zusammenhang mit Freileitungen berücksichtigt werden können, so handelt es sich nicht um theoretische Spielereien, sondern um aus der Praxis vorgetragene Bedürfnisse. Die Situation unserer Natur mit ihrem zunehmenden Verlust der heimischen Arten und der für sie unbedingt erforderlichen Lebensräume macht es notwendig, alle in Frage kommenden Bereiche auf ihre Eignung für Naturschutzzwecke zu überprüfen. Gerade die unter Freileitung befindlichen, meist extensiv genutzten Flächen können in diesem Zusammenhang kleine Oasen, Biotope oder Vernetzungsstrukturen in der Landschaft darstellen.

Ziel der gemeinsamen Bemühungen sollte es deshalb sein, zu praktikablen Lösungen zu kommen, die die Interessen der Energiewirtschaft ebenso berücksichtigen wie die des Naturschutzes und der Landschaftspflege. Entscheidend sollten dabei materielle Verbesserungen sein, die nach den Erfahrungen der Naturschutzbehörden durchaus unter Zurückstellung formeller Schwierigkeiten durch engen Kontakt zwischen den Energieversorgungsunternehmen und den Naturschutzbehörden erreicht werden könnten. Dabei kann sich heute die Einschaltung und der Kontakt nicht mehr auf Flächen in formell ausgewiesenen Schutzgebieten beschränken, wirksamer Naturschutz kann nur unter Einbeziehung der gesamten Fläche in der freien Natur betrieben werden.

Im folgenden sollen zeitbedingt drei wichtige Bereiche im Verhältnis Naturschutz und Freileitungen kurz erörtert werden, nämlich die Errichtung von Freileitungstrassen, die Ausgestaltung der Leitungen sowie die Unterhaltung dieser Leitungstrassen.

### **I. Errichtung von Leitungstrassen**

Hier sind zunächst die höherspannigen Leitungen zu nennen, die in der Regel bei ihrer Errichtung festen Verfahrensbestimmungen unterworfen

sind. Sowohl im Rahmen der landesplanerischen Überprüfung innerhalb eines Raumordnungsverfahrens wie bei der Durchführung eines sonstigen Gestattungsverfahrens ist bei solchen Maßnahmen die Beteiligung des Naturschutzes sichergestellt. Hier können im Rahmen der innerhalb der Entscheidung zu treffenden Abwägung die Belange des Naturschutzes und der Landschaftspflege eingebracht werden, wobei im Regelfall die Naturschutzinteressen durch entsprechende Auflagen berücksichtigt werden können. Da diese Verfahren auch den dafür vorgesehenen Rechtskontrollen unterliegen, ist hier zugleich ausreichender Rechtsschutz gewährt.

Von besonderem Interesse sind hierbei jedoch die erforderlichen Ausgleichs- und Ersatzmaßnahmen bzw. neuerdings die Ersatzleistung in Geld, da im Regelfall evtl. Bedenken des Naturschutzes nicht zu einer völligen Verhinderung der Trassenerrichtung führen, sondern lediglich zu einer entsprechenden landschaftsgerechten Ausführung. Oft entstehen dabei jedoch Schwierigkeiten bei der Festsetzung der Ausgleichs- bzw. Ersatzmaßnahmen, da die mit der Leitungserrichtung verbundenen Eingriffe in den Naturhaushalt bzw. in das Landschaftsbild nur schwer hinsichtlich des notwendigen Ausgleiches qualifiziert werden können. Sollten entsprechende Maßnahmen überhaupt nicht möglich sein, bleibt als letzte Möglichkeit die neu eingeführte Ersatzleistung in Geld.

Nachteilig aus der Sicht des Naturschutzes muß jedoch die Behandlung der Leitungen unter 110 kV betrachtet werden, die keiner Anzeigepflicht nach Art. 6 c BayNatSchG unterliegen. Damit fehlt dem Naturschutz bei den sogenannten Niederspannungsleitungen, in der Regel also bei den 20 kV-Leitungen, eine effektive Mitwirkungsmöglichkeit. Dies ist deshalb zu bedauern, weil hier der Naturschutz meist erst mit oder nach Baubeginn von diesen Vorhaben erfährt, wo ein Vorgehen bezüglich der Leitungstrassen bzw. der Ausgestaltung kaum mehr möglich ist. Dies hat in der Praxis immer wieder zu unerfreulichen Situationen geführt, z.B. durch die Errichtung solcher Leitungen in geplanten Naturschutzgebieten oder in gegen solche Leitungen besonders empfindlichen Biotopen, etwa für gefährdete Vogelarten (Wiesenbrütergebiete).

Deshalb sollte versucht werden, auch bei Leitungen unter 110 kV zu einer Regelung zu kommen, die unter Berücksichtigung der energiewirtschaftlichen Interessen doch auch den Naturschutzbelangen ausreichenden Platz einräumt.

## **2. Bauliche Gestaltung der Leitungen**

Ein besonderes Problem stellt hier die ausreichende Berücksichtigung von Belangen des Vogelschutzes an Freileitungen dar. Gerade Großvögel wie Störche oder Greifvögel haben in der Vergangenheit häufig Verluste aufgrund der Berührung mit Freileitungen hinnehmen müssen. Seit Jahren sind deshalb die Naturschutzbehörden mit den bayerischen Versorgungsunternehmen in Kontakt, um hier entsprechende Absicherungsmaßnahmen an Freileitungen durchführen zu können. In Betracht kommen dabei vor allem:

Schutzvorrichtungen (z.B. Abdeckhauben für Leiterseile im Mastbereich, Isolierschläuche für Leiterseile im Mastbereich, Sitzstangen für Großvögel)

Abweissvorrichtungen (z.B. Abweisstangen, Seilspiralen und Markierungsfähnchen, Greifvogelsilhouetten)

konstruktive Änderungen (Änderung der mittleren Leiterbrücke an Abspannmasten, Kathodenfallableiter)

sonstige unterstützende Maßnahmen (z.B. Förderung von Störchennistplätzen oder Turmstationen als Nistplätze).



So wurden speziell auf der Grundlage des Weißstorchgutachtens die gefährlichen Masten in Brut- und Nahrungsgebieten kartiert und den Energieversorgungsunternehmen mitgeteilt, damit dort die notwendigen Mastabsicherungen durchgeführt werden können, was in der Zwischenzeit in einer Reihe von Bereichen zu Maßnahmen zur Absicherung von Masten an Leitungsseilen geführt hat.

Eine weitere Verbesserung ist dadurch erreicht, daß in Brut-, Nahrungs- und traditionellen Durchzugsgebieten von Großvögeln neu zu errichtende Mittelspannungsbetonmastleitungen nur noch entweder in Hängerbauweise ausgeführt oder im Falle einer Stützerbauweise durch geeignete Maßnahmen entschärft werden, womit eine Gefährdung von Großvögeln weitgehend vermieden wird.

Da bei der Errichtung und Unterhaltung elektrischer Energieanlagen aufgrund der bestehenden Vorschriften die anerkannten Regeln der Technik zu beachten sind, kommt der Neufassung der für den Bau von Starkstromfreileitungen mit Nennspannungen über 1 kV anzuwendenden VDI-Bestimmung erhebliche Bedeutung zu. In ihrer ab 01.12.1985 gültigen Neufassung werden dabei die Vogelschutzbelange wie folgt berücksichtigt: "Querträger, Isolatorstützen und sonstige Bauteile der Starkstromfreileitungen sind so auszubilden, daß den Vögeln keine Sitzgelegenheit in gefahrbringender Nähe der unter Spannung stehenden Leiter gegeben wird". Diese Regelung hat den Vorteil, daß nicht bestimmte technische Lösungen vorgeschrieben, sondern verschiedene Lösungswege ermöglicht werden, die eine Anpassung an die jeweiligen Gegebenheiten erlauben. Die bisherige positive Zusammenarbeit der Naturschutzbehörden mit den Energieversorgungsunternehmen auf diesem Gebiet läßt hoffen, daß es durch diese gemeinsamen Bemühungen gelingen wird, die schwerwiegendsten und verlustreichsten Leitungstrecken alsbald weitgehend zu entschärfen. Damit kann zugleich auch einem Beschluß des Bayer. Landtags vom 04.07.1985 betreffend entsprechender Mastgestaltung Rechnung getragen werden.

### **3. Unterhaltungsmaßnahmen an Leitungstrassen**

Dieser Bereich hat in der Vergangenheit die meisten Probleme aufgeworfen.

Dies begann zunächst mit der Verwendung besonders gefährlicher Chemikalien zur Bekämpfung des Pflanzenaufwuchses unter Leitungstrassen (z.B. Einsatz von Kreniten, 2, 4, 5 T). Andererseits sind gerade diese Flächen unterhalb von Leitungstrassen mit ihrem Gebüsch- und Heckenbewuchs ökologisch wertvolle Bereiche für die Pflanzen- wie für die Vogelwelt, sie dienen häufig als Äsungs- und Verbißflächen für Wild und stellen Standorte von Waldbeeren und Pilzen dar.

Aber auch der maschinelle Einsatz bei der Freihaltung von Leitungstrassen hat zu Schwierigkeiten geführt, z.B. durch völlige Rodung des Bereichs, durch Verletzung der Bestockung, durch Schädigung der Vegetation und der Pflanzendecke. Entgegen der früher meist praktizierten mechanischen Entfernung, z.T. durch Hand oder abschnittsweise, hat die kostenmäßig bedingte Radikalentfernung erheblich negative ökologische Folgen. Dabei werden die Belange des Naturschutzes zumeist vernachlässigt, der bei allem Verständnis für notwendige Unterhaltungsmaßnahmen hierbei das Belassen einzelner Gehölze, die stufenweise Beseitigung, die Durchführung in längeren Zeiträumen oder die Beachtung von Artenschutzbelangen fordert.

In diesem Zusammenhang spielt am Rande auch das meist praktizierte Verbrennen des anfallenden Materials eine Rolle, weil unabhängig von ih-

rer rechtlichen Zulässigkeit nach der entsprechenden Verordnung zur Beseitigung pflanzlicher Abfälle dadurch negative Auswirkungen auf Flora und Fauna erfolgen können.

Schließlich ist einzuräumen, daß gerade die verwaltungsmäßige Abwicklung Probleme bereitet, da die formelle Entscheidung sämtlicher Unterhaltungsmaßnahmen durch die Naturschutzbehörden bei der Vielzahl der Leitungen zu einem kaum zu bewältigenden Verwaltungsaufwand führen würde, zum anderen eine völlige Freistellung den Naturschutzanliegen nicht gerecht würde.

Diese Problematik wurde mehrfach eingehend zwischen dem Verband bayerischer Elektrizitätswerke und dem Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen als oberste Naturschutzbehörde erörtert und hat schließlich zu einvernehmlichen Regelungen geführt, die wortgleich sowohl allen Naturschutzbehörden wie auch den einzelnen Energieversorgungsunternehmen zur Beachtung mitgeteilt wurden.

Als wesentlicher Inhalt dieser Ergebnisse ist folgendes festzuhalten:

Rechtlicher Ausgangspunkt ist Art. 2 Abs. 1 NatEG mit dem Verbot, in der freien Natur Hecken, lebende Zäune, Feldgehölze oder Gebüsche zu roden, abzuschneiden, abzubrennen oder auf sonstige Weise zu beseitigen. Ausnahmen sind bei überwiegenden Gründen denkbar, z.B. bei Gefährdung der Sicherheit der Stromversorgung.

Nicht erfaßt werden von dem Verbot Maßnahmen im Siedlungsbereich, das Ab- und Ausschneiden einzelner Äste, die Beseitigung einzelner Bäume oder Büsche oder das Einkürzen des Gesamtbestandes ohne Beeinträchtigung der Funktion der geschützten Pflanzenbestände als Nist-, Brut- und Zufluchtsstätte.

Eine Beseitigung liegt jedoch vor, wenn Bäume, Sträucher und Büsche auf den Stock gesetzt werden, was regelmäßig bei einem langjährigen Freischnitt von Leitungstrassen der Fall ist. Gleiches gilt für die völlige Beseitigung solcher Pflanzenbestände durch den Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln.

Soweit es sich um Schutzgebiete oder geschützte Landschaftsbestandteile handelt, sind die dortigen Sonderbestimmungen zu beachten. Sind dabei Unterhaltungsmaßnahmen von den Beschränkungen ausgenommen, so bezieht sich dies nur auf solche Maßnahmen, die unter Berücksichtigung des Schutzzwecks zur Gewährleistung der Stromversorgung erforderlich sind.

Als materielle Grundsätze für die Freihaltungsmaßnahmen werden unter Berücksichtigung der besonderen Bedeutung der Feldgehölze und Gebüsche als Lebensraum vieler Tier- und Pflanzenarten folgende Grundsätze festgelegt:

In erster Linie sollten genehmigungsfreie Maßnahmen durchgeführt werden, z.B. fachgerechtes Herausnehmen bzw. Einkürzen einzelner störender Äste und Baumkronen oder Auslichtung des Gesamtbestandes ohne Beeinträchtigung der ökologischen Funktion.

Kahlschläge sind zu vermeiden, da sonst die Tierwelt ihre Wohn- und Zufluchtsstätten verliert. Soweit ein Auf-den-Stock-Setzen notwendig ist, sollte abschnittsweise vorgegangen werden, um Rückzugslebensräume zu erhalten. Dabei ist eine Mindestkraut- und Strauchschicht in Höhe von ca. 50 cm zu belassen.

Bei Auslichtungsarbeiten sind Störungen der Vogelwelt zu vermeiden. Unterhaltungsmaßnahmen sollten daher vorrangig in der Zeit vom 1. September bis 28. Februar durchgeführt werden.

Auslichtungsmaßnahmen sollten auf den engeren Trassenbereich beschränkt werden.

Die Anwendung chemischer Mittel ist grundsätzlich nicht gerechtfertigt.

Zur Erleichterung der formellen Abwicklung wurde ein vereinfachtes Verfahren vorgeschlagen, das auf einer vertrauensvollen Zusammenarbeit zwischen den jeweiligen Energieversorgungsunternehmen und der örtlich zuständigen Naturschutzbehörde beruht. Sie geht von einer Beteiligung der Naturschutzbehörde vor Durchführung der geplanten Freihaltungsmaßnahme aus, um dieser eine fachliche Stellungnahme, z.B. über das Vorhandensein ökologisch wertvoller Flächen, oder über Hinweise zur natur- und landschaftsschonenden Durchführung der Freihaltungsmaßnahmen zu ermöglichen.

Die Erledigung durch formelle Ausnahmegenehmigungen sollte damit nur noch weiter bestehenden Konfliktfällen überlassen bleiben.

Begleitend hierzu wurden Formblätter für die wichtigsten Mitteilungen der Naturschutzbehörden zur fachlichen Qualifizierung von Gebieten innerhalb der Leitungstrassen entwickelt.

Gleichzeitig wurden entsprechende Fortbildungsveranstaltungen der bei den Energieversorgungsunternehmen beauftragten Personen vereinbart, um durch entsprechende Informationen eine natur- und landschaftsschonende Durchführung von Freihaltemaßnahmen zu gewährleisten.

Die Erfahrungen mit dieser Regelung sollen zunächst innerhalb eines Zeitraumes von zwei Jahren erprobt werden. Die Naturschutzbehörden wurden deshalb gebeten, bis Ende 1986 über ihre Erfahrungen mit dieser Regelung zu berichten, um evtl. noch auftretende Unzulänglichkeiten zu beseitigen.

Insgesamt war die Regelung jedoch ein Beweis für die Möglichkeiten einer engen Zusammenarbeit zwischen dem Naturschutz und den Energieversorgungsunternehmen. Im Bewußtsein der Verantwortung beider Bereiche sowohl für die Sicherung der Energieversorgung wie auch für die Sicherung des Naturhaushalts waren diese zwar langwierigen, jedoch beiderseitig von großem Verständnis und Kooperationsbereitschaft gekennzeichneten Verhandlungen der Auftakt zu weiteren gemeinsamen Bemühungen. Erfreulicherweise konnten dabei Mißverständnisse und Berührungspunkte abgebaut und die Zusammenarbeit auf eine vernünftige Basis gestellt werden. Es ist zu hoffen und zu wünschen, daß von der gemeinsamen Veranstaltung bei der Akademie weitere Impulse ausgehen, die langfristig die zwischen dem Naturschutz und den Energieversorgungsunternehmen vorhandenen oder noch auftretenden Probleme lösen helfen.

#### Anschrift des Verfassers:

Min.-Rat Dr. Klaus Heidenreich  
Bayer. Staatsministerium für  
Landesentwicklung u. Umweltfragen  
Rosenkavalierplatz 2  
8000 München 81

## BERICHTE DER ANL

### Berichte der ANL

Die seit 1977 jährlich erscheinenden Berichte der ANL enthalten Originalarbeiten, wissenschaftliche Kurzmittelungen und Bekanntmachungen zu zentralen Naturschutzproblemen und damit in Zusammenhang stehenden Fachgebieten.

Heft 1-3/1979 (vergriffen)	
Heft 4/1980	DM 23,-
Heft 5/1981	DM 23,-
Heft 6/1982	DM 34,-
Heft 7/1983	DM 27,-
Heft 8/1984	DM 39,-
Heft 9/1985	DM 25,-
Heft 10/1986	DM 48,-
Heft 11/1987	im Druck

### INHALT Heft 4/1980

- Ziegler, Josef H.: Geoökologie und Landschaft. Eine Zwischenbilanz. 6 S., 2 Abb.
- Seibert, Paul: Ökologische Bewertung von homogenen Landschaftsteilen, Ökosystemen und Pflanzengesellschaften. 14 S.
- Ringler, Alfred: Artenschutzstrategien aus Naturraumanalysen. 26 S., 16 Abb. und 10 Farbfotos
- Herringer, Josef K.: Wert und Bewertung landschaftlicher Eigenart. 16 S., 2 Abb. und 20 Fotos
- Jodl, Otto: Sanierung bei baulichen Anlagen, die das sog. Landschaftsbild stören. 5 S.
- Engelmaier, Alois: Entwicklungstendenzen der Alm/Alpwirtschaft in Bayern im Hinblick auf Naturhaushalt und Landschaftsbild. 5 S.
- Remmert, Hermann: Feuchtgebiete - von Menschen geschaffen. 1 S.
- Droste, Michael; Nentwig, Wolfgang; Vogel, Michael: Lebensraum Niedermoor: Zustand und geplante Entwicklung. 6 S.
- Tamm, Jochen: Die Edertalsperre - schutzwürdiger Naturraum von Menschenhand. 6 S. 2 Abb. und 4 Farbfotos
- Esser, Joachim, Reichholf, Josef: Die Höhe der Igelverluste auf bayerischen Straßen. 3 S.
- Bauer, Gerhard: Die Situation der Flußperlmuschel (*Margaritifera margaritifera*) in der Oberpfalz u. Niederbayern. 3 S., 2 Abb.
- Enders, Gerhard: Die Siedlung als klimatisch differenzierter Lebensraum. 7 S., 7 Abb.
- Magerl, Christian: Der Saatkrähenbestand in Bayern in den Jahren 1950-1979. 8 S.
- Bezzel, Einhard: Beobachtungen zur Nutzung von Kleinststrukturen durch Vögel. 7 S., 6 Abb.
- Veranstaltungsspiegel der ANL 16 S.

### INHALT Heft 5/1981

- Ringler, Alfred: Die Alpenmoore Bayerns - Landschafts-ökologische Grundlagen, Gefährdung, Schutzkonzept. 95 S., 26 Abb. und 14 Farbfotos
- Ammer, Ulrich; Sauter, Ulrich: Überlegungen zur Erfassung der Schutzwürdigkeit von Auebiotopen im Voralpenraum. 38 S., 20 Abb.
- Schneider, Gabriela: Pflanzensoziologische Untersuchung der Hag-Gesellschaften in der montanen Egartenlandschaft des Alpenvorlandes zwischen Isar und Inn. 18 S., 6 Abb.
- Krach, J. Ernst: Gedanken zur Neuauflage der Roten Liste der Gefäßpflanzen in Bayern. 20 S., 12 Rasterkarten
- Reichholf, Josef: Schutz den Schneeglöckchen. 7 S., 4 Abb. und 5 Farbfotos
- Reichholf, Josef: Die Helmorchis (*Orchis militaris* L.) an den Dämmen der Innstauseen. 3 S.
- Reichel, Dietmar: Rasterkartierung von Amphibienarten in Oberfranken. 3 S., 10 Rasterkarten DIN A 3
- Herringer, Josef K.: Akustische Ökologie. 10 S.
- Hofmann, Karl: Rechtliche Grundlagen des Naturschutzes und der Landschaftspflege in Verwaltungspraxis und Rechtsprechung. 6 S.
- Veranstaltungsspiegel der ANL 23 S.

### INHALT Heft 6/1982

- Dick, Alfred: Rede anlässlich der 2. Lesung der Novelle zum Bayerischen Naturschutzgesetz vor dem Bayerischen Landtag. 2 S.
- Dietzen, Wolfgang; Hassmann, Walter: Der Wanderfalke in Bayern - Rückgangursachen, Situation und Schutzmöglichkeiten. 25 S., Abb.
- Bezzel, Einhard: Verbreitung, Abundanz und Siedlungsstruktur der Brutvögel in der bayerischen Kulturlandschaft. 16 S., Abb.
- Reichholf, Josef; Reichholf-Riehm, Helgard: Die Stausseen am unteren Inn - Ergebnisse einer Ökosystemstudie. 52 S., Abb., 7 Farbfotos

### FORTSETZUNG: INHALT Heft 6/1982

- Čeřovský, Jan: Botanisch-ökologische Probleme des Artenschutzes in der CSSR unter Berücksichtigung der praktischen Naturschutzarbeit. 3 S.
- Brackel, Wolfgang v.: u.a.: Der Obere Wöhrder See im Stadtgebiet von Nürnberg - Beispielhafte Gestaltung von Insel- und Flachwasserbiotopen im Rahmen der Pegnitz-Hochwasserfreilegung. 16 S., Abb., 3 Farbfotos
- Müller, Norbert; Waldert, Reinhard: Stadt Augsburg - Biotopkartierung, Ergebnisse und erste Auswertung. 36 S., Abb., 10 Karten
- Merkel, Johannes: Die Vegetation der Naturwaldreservate in Oberfranken. 94 S., zahlr. Abb.
- Reif, Albert; Schulze, Ernst-Detlef; Zahner, Katharina: Der Einfluß des geologischen Untergrundes, der Hangneigung, der Feldgröße und der Flurbereinigung auf die Heckendichte in Oberfranken. 23 S., Abb.
- Knop, Christoph; Reif, Albert: Die Vegetation auf Feldrainen Nordost- und Ostbayern - natürliche und anthropogene Einflüsse, Schutzwürdigkeit. 25 S., 7 Farbfotos
- Leitlinien zur Ausbringung heimischer Wildpflanzen. Empfehlungen für die Wiedereinbürgerung gefährdeter Tiere. Leitsätze zum zoologischen Artenschutz. 4 S.
- Veranstaltungsspiegel der ANL 25 S.

### INHALT Heft 7/1983

- Edelhoff, Alfred: Auebiotope an der Salzach zwischen Laufen und der Saalachmündung. 33 S., Abb., Tab., Ktn.
- Bauer, Johannes: Benthosuntersuchungen an der Salzach bei Laufen (Oberbayern). 4 S.
- Ehmer-Künkele, Ute: Pflanzensoziologische und ökologische Untersuchungen im Schönramer Filz (Oberbayern). 39 S., Abb., 5 Farbfotos
- Reichholf, Josef: Relative Häufigkeit und Bestandstrends von Kleinraubtieren (Carnivora) in Südbayern. 4 S.
- Bezzel, Einhard: Rastbestände des Haubentauchers (*Podiceps cristatus*) und des Gänsejägers (*Mergus merganser*) in Südbayern. 12 S., Abb.
- Beutler, Axel: Vorstudie Amphibienkartierung Bayern. 22 S., Abb.
- Ranftl, Helmut; Reichel, Dietmar; Sothmann, Ludwig: Rasterkartierung ausgewählter Vogelarten der Roten Liste in Oberfranken. 5 S., 7 Faltktn.
- Hacker, Hermann: 'Eierberge' und 'Banzer Berge', bemerkenswerte Waldgebiete im oberen Maintal: ihre Schmetterlingsfauna - ein Beitrag zum Naturschutz. 8 S.
- Ullmann, Isolde; Rößner, Katharina: Zur Wertung gestörter Flächen bei der Planung von Naturschutzgebieten - Beispiel Spitalwald bei Bad Königshofen im Grabfeld. 10 S., Abb., Tab., 3 Farbfotos
- Ruf, Manfred: Immissionsbelastungen aquatischer Ökosysteme. 10 S., Abb.
- Michler, Günter: Untersuchungen über die Schwermetallgehalte in Sedimentbohrkernen aus südbayerischen und alpinen Seen. 9 S., Abb.
- Grebe, Reinhard; Zimmermann, Michael: Natur in der Stadt - das Beispiel Erlangen. 14 S., Abb., 5 Farbfotos
- Spatz, Günter; Weis, G. B.: Der Futterertrag der Waldweide. 5 S., Abb.
- Veranstaltungsspiegel der ANL 22 S.

### INHALT Heft 8/1984

- Goppel, Christoph: Emittentenbezogene Flechtenkartierung im Stadtgebiet von Laufen. 18 S., 33 Abb.
- Esser, Joachim: Untersuchung zur Frage der Bestandsgefährdung des Igelis (*Erinaceus europaeus*) in Bayern. 40 S., 16 Abb., 23 Tab.
- Plachter, Harald: Zur Bedeutung der bayerischen Naturschutzgebiete für den zoologischen Artenschutz. 16 S. mit Abb.
- Hebauer, Franz: Der hydrochemische und zoogeographische Aspekt der Eisenstörfer Kiesgrube bei Plattling. 24 S., Abb. u. 18 Farbfotos
- Kiener, Johann: Veränderung der Auenvegetation durch die Anhebung des Grundwasserspiegels im Bereich der Staustufe Ingolstadt. 26 S., 5 z. T. farb. Faltktn.
- Vogel, Michael: Ökologische Untersuchungen in einem Phragmites-Bestand. 36 S., 9 Tab., 28 Abb.
- Burmeister, E.-G.: Zur Faunistik der Libellen, Wasserkäfer und wasserbewohnenden Weichtiere im Naturschutzgebiet 'Osterseen' (Oberbayern) (Insecta: Odonata, Coleoptera, limnische Mollusca). 8 S. mit Abb.
- Reiss, Friedrich: Die Chironomidenfauna (Diptera, Insecta) des Osterseegebietes in Oberbayern. 8 S. mit Abb.
- Burmeister, H., Burmeister, E.-G.: II. Die Köcherfliegen des Osterseegebietes. Beiträge zur Köcherfliegenfauna Oberbayerns (Insecta, Trichoptera). 9 S.

### FORTSETZUNG: INHALT Heft 8/1984

- Burmeister, E.-G.: Auswertung der Beifänge aquatischer Wirbelloser (Macroinvertebrata), aquatischer Wirbeltiere (Vertebrata) und terrestrischer Wirbelloser (Macroinvertebrata). Ein Beitrag zur Kenntnis der Fauna Oberbayerns. 7 S.
- Karl, Helmut; Kadner, Dieter: Zum Gedenken an Prof. Dr. Otto Kraus. 2 S. mit 1 Foto
- Veranstaltungsspiegel der ANL 8 S.

### INHALT Heft 9/1985

- Burmeister, Ernst-Gerhard: Bestandsaufnahme wasserbewohnender Tiere der Oberen Alz (Chiemgau, Oberbayern) - 1982 und 1983 mit einem Beitrag (III.) zur Köcherfliegenfauna Oberbayerns (Insecta, Trichoptera). 25 S., Abb.
- Reichholf, Josef: Entwicklung der Köcherfliegenbestände an einem abwasserbelasteten Wiesenbach. 4 S.
- Banse, Wolfgang; Banse, Günter: Untersuchungen zur Abhängigkeit der Libellen-Artenzahl von Biotopparametern bei Stillgewässern. 4 S.
- Pfadenhauer, Jörg; Kinberger, Manfred: Torfabbau und Vegetationsentwicklung im Kulbinger Filz. 8 S., Abb.
- Plachter, Harald: Faunistisch-ökologische Untersuchungen auf Sandstandorten des unteren Brombachtales (Bayern) und ihre Bewertung aus der Sicht des Naturschutzes. 48 S., Abb., 12 Farbfotos
- Hahn, Rainer: Anordnung und Verteilung der Lesesteinriegel der nördlichen Frankenalb am Beispiel der Großgemeinde Heiligenstadt in Oberfranken. 6 S., Abb.
- Lehmann, Reinhold; Michler, Günter: Paläökologische Untersuchungen an Sedimentkernen aus dem Wörthsee mit besonderer Berücksichtigung der Schwermetallgehalte. 23 S., Abb.
- Veranstaltungsspiegel der ANL 21 S.

### INHALT Heft 10/1986

- Dick, Alfred; Haber, Wolfgang: Geleitworte.
- Zielonkowski, Wolfgang: 10 Jahre ANL - ein Rückblick.
- Erz, Wolfgang: Ökologie oder Naturschutz? Überlegungen zur terminologischen Trennung und Zusammenführung.
- Haber, Wolfgang: Umweltschutz - Landwirtschaft - Boden.
- Sukopp, Herbert; Seidel, Karola; Böcker, Reinhard: Bausteine zu einem Monitoring für den Naturschutz.
- Pfadenhauer, Jörg; Poschod, Peter; Buchwald, Rainer: Überlegungen zu einem Konzept geobotanischer Dauerbeobachtungsflächen für Bayern. Teil 1: Methodik der Anlage und Aufnahme.
- Knauer, Norbert: Halligen als Beispiel der gegenseitigen Abhängigkeit von Nutzungssystemen und Schutzsystemen in der Kulturlandschaft.
- Zierl, Hubert: Beitrag eines alpinen Nationalparks zum Schutz des Gebirges.
- Otte, Annette: Standortansprüche, potentielle Wuchsgebiete und Vorschläge zur Erhaltung einer naturraum-spezifischen Ackerwildkraut-Flora (Agrarlandschaft südlich von Ingolstadt).
- Ullmann, Isolde; Heindl, Bärbel: 'Ersatzbiotop' Straßenrand - Möglichkeiten und Grenzen des Schutzes von basiphilen Trockenrasen an Straßenböschungen.
- Plachter, Harald: Die Fauna der Kies- und Schotterbänke deapiner Flüsse und Empfehlungen für ihren Schutz.
- Remmert, Hermann; Vogel, Michael: Wir pflanzen einen Apfelbaum.
- Reichholf, Josef: Tagfalter: Indikatoren für Umweltveränderungen.
- Albrecht, Ludwig; Ammer, Ulrich; Geissner, Wolfgang; Utschick, Hans: Tagfalterschutz im Wald.
- Köstner, Barbara; Lange, Otto L.: Epiphytische Flechten in bayerischen Waldschadensgebieten des nördlichen Alpenraumes: Floristisch-soziologische Untersuchungen und Vitalitätstests durch Photosynthesemessungen.
- Veranstaltungsspiegel der ANL
- Anhang: Natur und Landschaft im Wandel. S. unter Sonderdrucken.

## INHALT Heft 11/1987

- Wild, Wolfgang: Natur – Wissenschaft – Technik.
- Pfadenhauer, Jörg; Buchwald, Rainer: Anlage und Aufnahme einer geobotanischen Dauerbeobachtungsfläche im Naturschutzgebiet Echinger Lohe (Lkr. Freising).
- Odzuk, Wolfgang: Die Pflanzengesellschaften im Quadranten 8037/1 (Glonn; bayer. Alpenvorland).
- Otte, Annette; Braun, Wolfgang: Veränderungen in der Vegetation des Charlottenhofer Weihergebietes im Zeitraum von 1966 – 1986.
- Reichel, Dietmar: Veränderungen im Bestand des Laubfroschs (*Hyla arborea*) in Oberfranken.
- Wörner, Sabine; Rothenburger, Werner: Ausbringung von Wildpflanzen als Möglichkeit der Arterhaltung?
- Schneider, Eberhard; Schulte, Ralf: Haltung und Vermehrung von Wildtierarten in Gefangenschaft unter besonderer Berücksichtigung europäischer Waldvögel – ein Beitrag zum Schutz gefährdeter Tierarten?
- Stöcklein, Bernd: Grünfläche an Ämtern – eine bürgerefreundliche Visitenkarte. Tierökologische Aspekte künftiger Gestaltung und Pflege.
- Bauer, Johannes; Schmitt, Peter; Lehmann, Reinhold; Fischer-Scherl, Theresia: Untersuchungen zur Gewässer-versauerung an der oberen Waldnaab (Oberpfälzer Wald; Nord-Ostbayern).
- Melzer, Arnulf; Sirch, Reinhold: Die Makrophytenvegetation des Abtsees – Angaben zur Verbreitung und Ökologie.
- Zott, Hans: Der Fremdenverkehr am Chiemsee und seine Auswirkungen auf den See, seine Ufer und seine Randbereiche.
- Vogel, Michael: Die Leistungsfähigkeit biologischer Systeme bei der Abwasserreinigung.
- Schreiner, Johann: Der Flächenanspruch im Naturschutz.
- Maucksch, Wolfgang: Mehr Erfolg durch bessere Zusammenarbeit von Flurbereinigung und Naturschutz.
- Zielonkowski, Wolfgang: Erfordernisse und Möglichkeiten der Fortbildung von Biologen im Berufsfeld Naturschutz.
- Veranstaltungsspiegel der ANL.

## Beihefte zu den Berichten

Beihefte erscheinen in unregelmäßiger Folge und beinhalten die Bearbeitung eines Themenbereiches.

### Beiheft 1: THEMA und INHALT

HERINGER, J. K.: Die Eigenart der Berchtesgadener Landschaft – ihre Sicherung und Pflege aus landschaftsökologischer Sicht, unter besonderer Berücksichtigung des Siedlungswesens und Fremdenverkehrs. 1981. 128 S. mit 129 Fotos.  
= Beiheft 1 zu den Berichten der ANL DM 17,-

- Überblick über den Landschaftsraum Berchtesgadener Land.
- Überblick über die landschaftlich bedeutsamen Teilbereiche Berchtesgadener Geschichte.
- Beurteilungs- und Wertungsmaßstab für landschaftliche Eigenart.
- Eigenartsträger – Wertung, Sicherung und Pflege.
- Fremdenverkehr – Verderben oder Chance für die landschaftliche Eigenart.

### Beiheft 2: THEMA und INHALT

Pflanzen- und tierökologische Untersuchungen zur BAB 90 Wolnzach-Regensburg. Teilabschnitt Eisendorf-Saaihaupt. 71 S., Abb., Ktn., 19 Farbfotos  
= Beiheft 2 zu den Berichten der ANL DM 23,-

- Krauss, Heinrich: Zusammenfassende Aussagen zum Gesamtvorhaben.  
Einzelbeiträge der Gutachter:
- Kimmerl, Hans: Vergleichende Untersuchungen von Gehölzstrukturen.
- Mader, Hans-Joachim: Tierökologische Untersuchungen.
- Heigl, Franz und Schlemmer, Richard: Ornithologische Untersuchungen.
- Scholl, Günter: Untersuchungen zum Vorkommen der Amphibien mit Vorschlägen für Erhaltungs- und Ausgleichsmaßnahmen.
- Stubbemann, Hans Nikolaus: Arachnologische Untersuchungen.  
Bestandsaufnahmen auf Beobachtungsflächen anlässlich von Trassenbegehungen am 7. und 8.8.1979:
- Zielonkowski, Wolfgang: Vegetationskundliche Bestandsaufnahmen.
- Zoologische Beobachtungen.

## Beiheft 3: THEMA und INHALT

Die pflanzenökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken.  
= Beiheft 3, T. 1 zu den Berichten der ANL DM 37,-

Gegenstand und Umfang des Forschungsauftrags: Sträucher in der natürlichen und anthropogen beeinflussten Vegetation Mitteleuropas: Kohlenstoffhaushalt, Wachstum und Wuchsform von Holzgewächsen im Konkurrenzgefüge eines Heckenstandortes, Diss. von Manfred Küppers · Die Ökologie wichtiger Holzarten der Hecken · Die Beziehung von Hecken und Ackerrainen zu ihrem Umland · Die Bewertung der nordbayerischen Hecken aus botanischer Sicht · Autoren: Ernst-Detlef Schulze, Albert Reif unter Mitarbeit von Christoph Knop und Katharina Zahner.

Die tierökologische Bedeutung und Bewertung von Hecken.  
= Beiheft 3, T. 2 zu den Berichten der ANL DM 36,-

Ziele und Grundlagen der Arbeit · Wissenschaftliche Ergebnisse · Schlussfolgerungen für die Praxis der Landschaftspflege und für den integrierten Pflanzenschutz · Kontakte zu anderen Institutionen · Ergebnisse des Klopffproben-Programmes · Zur Phänologie ausgewählter Anthropodengruppen der Hecke · Die Erfassung von Lepidopteren-Larven an Schlehe und Weißdorn · Einfluß des Alters auf der räumlichen Verteilung von Weißdornbüschen auf Phytophage und ihre Parasiten · Einfluß von Alter und räumlicher Verteilung von Wildrosen auf den Wickler *Notocelia roborana* D. & S. und seine Parasiten · Zur Populationsökologie einiger Insekten auf Wildrosen · Untersuchungen zum Verhalten, zur Biologie und zur Populationsdynamik von *Yponomeuta padellus* auf der Schlehe · Faunistisch-ökologische Analyse ausgewählter Anthropoden-Gruppen · Untersuchungen zum Brutvogelbestand verschiedener Heckengebiete · Wildspurendichte und Wildverbiß im Heckenbereich · Analyse des Blatt-Biomasse-Konsums an Schlehe, Weißdorn und Wildrose durch photophag Insekten · Begründung der Bewertungszahlen für Heckengehölzarten · Aus Kleinschmetterlingen in Hecken gezogene Parasitoidenarten (Tabellen) · Heckenpflanzen als Wirte landwirtschaftlicher Schadorganismen (Tabellen) · Autoren: Helmut Zwölfer, Gerhard Bauer, Gerd Heusinger u.a.

## Beiheft 4: THEMA UND INHALT

Zahlheimer, W.: Artenschutzgemäße Dokumentation und Bewertung floristischer Sachverhalte – Allgemeiner Teil einer Studie zur Gefäßpflanzenflora und ihrer Gefährdung im Jungmoränengebiet des Inn-Vorland-Gletschers (Oberbayern). 143 S., 97 Abb. und Hilfskärtchen, zahlr. Tab., mehrere SV-Fotos.  
= Beiheft 4 zu den Berichten der ANL DM 21,-

- Floristische Kartierungsprojekte aus der Perspektive des praktischen Artenschutzes · Erfassung der Bestandesgröße · Erfassung der Pflanzenmenge · Verteilungsaspekte (Verteilungsfläche) · Floristische Geländearbeit · Flächendeckende floristische Bestandsaufnahme · Biopunktartierung · Alternative Dokumentationsweise botanisch wertvoller Flächen · Floristische Bestandeskarten (Bestandesgrößen-Rasterkarte mit Strichliste, Bestandes-Punkt-Karten) · Das Ringsegment-Verfahren zur numerischen Bewertung der subregionalen Artenschutzrelevanz artreicher Populationen · Lokalisationswert · Bewertungskomponenten · Fundortlage im Areal und subregionale Arealgröße · Gebrauch von Ringsegment-Schablonen · Bestandesgrößenfaktoren und Bestandesgrößenklassen · Umfeldbezogener Bestandeswert · EDV-gemäße Variante des Ringsegmentverfahrens · Konstruktion minimaler Stützpunkt-Verbindungsnetze für artenschutzrelevante Pflanzen · Vergleichende numerische Bewertung von Beständen verschiedener Taxa nach den überregionalen, regionalen und subregionalen Verhältnissen · Bewertung der Gefährdung nach Roten Landeslisten · Ergänzungskriterium · Anleitung zur Ermittlung des Regionalen Gefährdungswertes · Populationspezifischer Artenschutzwert · Bezugsquadrat-Verfahren zur numerischen Bewertung von Sippen und Pflanzenbeständen nach der lokalen Artenschutzrelevanz · Lokale Gefährdungszahl · EDV-gemäßes Bewertungsverfahren für Pflanzenbestände · Anmerkungen zur Behandlung vegetationskundlicher Aspekte bei naturschutzorientierten Gebietsbewertungen · Floristische Sachverhalte · Pflanzengesellschafts-Ebene · Vegetationskomplexe · Zusammenfassung · Literatur · Anhang (Arbeitsbegriffe, Verbreitungs- bzw. Bestandeskarten).

## Beiheft 5: THEMA und INHALT

Lebensbedingungen des europäischen Feldhasen (*Lepus europaeus*) in der Kulturlandschaft und ihre Wirkungen auf Physiologie und Verhalten.  
= Beiheft 5 zu den Berichten der ANL DM 28,-

- Organisation und Grundlagen des Forschungsauftrags · Forschungsziel · Forschungsmethoden · Forschungsgebiete · Projektergebnisse · Rückstandsanalysen · Mageninhaltsanalysen · Freilandbeobachtungen · Auswertung bayrischer Jagdstrecken-Statistiken · Straßenverkehrsverluste · Populationsdynamik · Interpretation der Ergebnisse · Regionale und überregionale Bestandeseentwicklung · Populationsökologisches Modell · Relative Wirkung der Einzelfaktoren · Prognosen und Vorschläge · Anhang: Tabellen, Karten, Literaturangaben · Autoren: Prof. Dr. Wolfgang Engelhardt, Roland Obergruber, Dr. Josef Reichhof.

## Laufener Seminarbeiträge Tagungsberichte

Zu ausgewählten Seminaren werden Tagungsberichte erstellt. In den jeweiligen Tagungsberichten sind die ungekürzten Vorträge eines Fach- bzw. wissenschaftlichen Seminars abgedruckt. Diese Tagungsberichte sind ab 1/82 in „Laufener Seminarbeiträge“ umbenannt worden.

- 2/78 Begrünungsmaßnahmen im Gebirge. DM 6,-
- 3/79 Seenforschung in Bayern. DM 9,-
- 4/79 Chance für den Artenschutz in Freilichtmuseen. DM 4,-
- 5/79 Ist Pflege der Landschaft erforderlich? DM 10,-
- 6/79 Weinberg-Flurbereinigung und Naturschutz. DM 8,-
- 7/79 Wildtierhaltung in Gehegen. DM 6,-
- 1/80 Tierökologische Aspekte im Siedlungsbereich. DM 5,-
- 2/80 Landschaftsplanung in der Stadtentwicklung, in dt. und engl. Ausgabe. DM 9,- / 11,-
- 3/80 Die Region Untermain – Region 1 – Die Region Würzburg – Region 2 – DM 12,-
- 4/80 Naturschutz und Recht, vergriffen DM 8,-
- 5/80 Ausbringung von Wildpflanzen. DM 12,-
- 6/80 Baggerseen und Naturschutz. DM 21,-
- 7/80 Geoökologie und Landschaft. DM 13,-
- 8/80 Freileitungsbau und Belastung der Landschaft. DM 9,-
- 9/80 Ökologie und Umwelthygiene. DM 15,-
- 1/81 Stadtökologie. DM 8,-
- 2/81 Theologie und Naturschutz. DM 5,-
- 3/81 Greifvögel und Jagd. DM 7,-
- 4/81 Fischerei und Naturschutz. DM 11,-
- 5/81 Fließgewässer in Bayern. DM 10,-
- 6/81 Aspekte der Moornutzung. DM 11,-
- 7/81 Beurteilung des Landschaftsbildes. DM 7,-
- 8/81 Naturschutz im Zeichen knapper Staatshaushalte. DM 5,-
- 9/81 Zoologischer Artenschutz. DM 10,-
- 10/81 Naturschutz und Landwirtschaft. DM 13,-
- 11/81 Die Zukunft der Salzach. DM 8,-
- 12/81 Wiedereinbürgerung gefährdeter Tierarten. DM 12,-
- 13/81 Seminarergebnisse der Jahre 76–81. DM 10,-
- 1/82 Der Mensch und seine städtische Umwelt – humanökologische Aspekte. DM 9,-
- 2/82 Immissionsbelastungen ländlicher Ökosysteme. DM 12,-
- 3/82 Bodenutzung und Naturschutz. DM 8,-
- 4/82 Walderschließungsplanung. DM 9,-
- 5/82 Feldhecken und Feldgehölze. DM 25,-
- 6/82 Schutz von Trockenbiotopen – Buckelfluren. DM 9,-
- 7/82 Geowissenschaftliche Beiträge zum Naturschutz. DM 13,-
- 8/82 Forstwirtschaft unter Beachtung forstlicher Ziele und der Naturschutzgesetzgebung. DM 7,-
- 9/82 Waldweide und Naturschutz. DM 8,-
- + 1/83 Dorfökologie – Das Dorf als Lebensraum/ Dorf und Landschaft. Sammelbd. DM 15,-
- 2/83 Naturschutz und Gesellschaft. DM 8,-
- 3/83 Kinder begreifen Natur. DM 10,-
- 4/83 Erholung und Artenschutz. DM 16,-
- 5/83 Marktwirtschaft und Ökologie. DM 9,-
- 6/83 Schutz von Trockenbiotopen – Trockenrasen, Triften und Hutungen. DM 9,-
- 7/83 Ausgewählte Referate zum Artenschutz. DM 14,-
- 8/83 Naturschutz als Ware – Nachfrage durch Angebot und Werbung. DM 14,-
- 9/83 Ausgleichbarkeit von Eingriffen in den Naturhaushalt. DM 11,-
- 2/84 Ökologie alpiner Seen. DM 14,-
- 3/84 Die Region 8 – Westmittelfranken. DM 15,-
- 4/84 Landschaftspflegliche Almwirtschaft. In Vorbereitung.
- 5/84 Schutz von Trockenbiotopen – Trockenstandorte aus zweiter Hand. DM 8,-
- 6/84 Naturnaher Ausbau von Grünanlagen. DM 9,-
- 7/84 Inselökologie – Anwendung in der Planung des ländlichen Raumes. DM 16,-
- 1/85 Rechts- und Verwaltungsaspekte der naturschutzrechtlichen Eingriffsregelung. DM 11,-
- 2/85 Wasserbau – Entscheidung zwischen Natur und Korrektur. (Im Druck)
- 4/85 Naturschutz und Volksmusik. DM 10,-
- 1/86 Seminarergebnisse der Jahre 81 – 85. DM 7,-
- 2/86 Elemente der Steuerung und der Regulation in der Pelagialbiozönose. (Im Druck)
- 3/86 Die Rolle der Landschaftsschutzgebiete. (Im Druck)
- 4/86 Integrierter Pflanzenbau. (Im Druck)
- 5/86 Der Neuntöter – Vogel des Jahres 1985. Die Saatkrähe – Vogel des Jahres 1986. DM 10,-

## VORSCHAU

- Freileitungen.
- Biotopverbund in der Landschaft.
- Die Zukunft der ostbayerischen Donaulandschaft.
- Naturschutzpolitik in der Landwirtschaft.
- Pflege von Grünanlagen.
- Dorfökologie – Gewässer.
- Beiheft 8: Ökologische Untersuchungen an südbayerischen Seen.

### Sonderdrucke aus den Berichten der ANL kostenfrei

TEROFAL, F.: Das Artenspektrum der Fische Bayerns i den letzten 50 Jahren.  
Aus: H. 1/1977.

ESSER, J. u. REICHHOLF, J.: Die Höhe der Igelverluste auf bayerischen Straßen.  
BEZZEL, E.: Beobachtungen zur Nutzung von Kleinstrukturen durch Vögel.  
Aus: H. 4/1980.

REICHHOLF, J.: Schutz den Schneeglöckchen.  
Aus: H. 5/1981.

LEITLINIEN zur Ausbringung heimischer Wildpflanzen.  
EMPFEHLUNGEN zur Wiedereinbürgerung gefährdeter Tierarten.

LEITSÄTZE zum zoologischen Artenschutz.  
Aus: H. 6/1982.

### Sonderdruck aus Berichte der ANL 10/1986

›Natur und Landschaft im Wandel. DM 12,-

## Informationen

Informationen 1 –  
Die Akademie stellt sich vor.  
3., erw. Aufl., *kostenfrei*

Informationen 2 –  
Grundlagen des Naturschutzes.  
DM 2,-

Informationen 3 –  
Naturschutz im Garten – Tips und Anregungen zum Überdenken, Nachmachen und Weitergeben.  
DM 1,-

Informationen 4 –  
Begriffe aus Ökologie, Umweltschutz und Landnutzung. In Zusammenarbeit mit dem Dachverband wissenschaftlicher Gesellschaften der Agrar-, Forst- Ernährungs-, Veterinär- und Umweltforschung e. V., München.  
DM 1,-

*Einzellexplare gegen Zusendung eines adressierten und mit DM 1,10 frankierten DIN A5 Umschlages kostenfrei. Ab 100 Stk. 10% Nachlaß.*

## Medien zum Naturschutz

• Diaserie Nr. 1  
›Feuchtgebiete in Bayern. DM 150,-  
50 Kleinbilddias mit Textheft.

• Diaserie Nr. 2  
›Trockengebiete in Bayern. DM 150,-  
50 Kleinbilddias mit Textheft.

## Plakatserie ›Naturschutz‹

3 Stück im Vierfarbdruck DIN A2 DM 3,-  
+ Verpackungskostenanteil bis 15 Serien. DM 5,-

## Bezugsbedingungen

### 1. BESTELLUNGEN

Die Veröffentlichungen der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege können nur über die Akademie, Postanschrift: 8229 Laufen/Salzach, Postfach 12 61 bezogen werden. Die Bestellungen sollen eine exakte Bezeichnung des Titels enthalten. Bestellungen mit Rückgaberecht oder zur Ansicht können nicht erfüllt werden. Der Versand erfolgt auf Kosten und Gefahr des Bestellers. Beanstandungen wegen unrichtiger oder unvollständiger Lieferungen können nur innerhalb von 14 Tagen nach Empfang der Sendung berücksichtigt werden.

### 2. PREISE UND ZAHLUNGSBEDINGUNGEN

Bei Abnahme von 10 und mehr Exemplaren jeweils eines Titels wird aus Gründen der Verwaltungsvereinfachung ein Mengenrabatt von 10% gewährt. Die Kosten für Verpackung und Porto werden in Rechnung gestellt. Die Rechnungsbeträge sind spätestens zu dem in der Rechnung genannten Termin fällig. Die Zahlung kann nur anerkannt werden, wenn sie auf das in der Rechnung genannte Konto der Staatsoberkasse München unter Nennung des mitgeteilten Buchungskennzeichens erfolgt. Es wird empfohlen, die der Lieferung beigelegten und vorbereiteten Einzahlungsbelege zu verwenden. Bei Zahlungsverzug werden Mahnkosten erhoben und es können ggf. Verzugszinsen berechnet werden. Erfüllungsort und Gerichtsstand für beide Teile ist München. Bis zur endgültigen Vertragserfüllung behält sich die ANL das Eigentumsrecht an den gelieferten Veröffentlichungen vor.

### 3. SCHUTZBESTIMMUNGEN

Die Herstellung von Vervielfältigungen – auch auszugsweise – aus den Veröffentlichungen der Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege sowie die Benutzung zur Herstellung anderer Veröffentlichungen bedürfen der schriftlichen Genehmigung unseres Hauses.



