

## **Zur Ökologie von Flughäfen – Angewandte Ökologie als Grundlage der Vogel- schlagverhütung auf Flughäfen**

**(Airport-Ecology –  
Applied ecology as a basis for bird strike prevention on airports)**

von EDMUND HAHN, Enkirch

**Zusammenfassung:** Ökologie als Wissenschaft befaßt sich mit den Wechselwirkungen der Lebewesen untereinander sowie den Beziehungen von Organismen zu ihrer abiotischen Umwelt. Durch Anwendung ökologischer Methoden bei der Vogelschlagverhütung auf Flughäfen versucht man unter Zuhilfenahme der Gesetzmäßigkeiten des Naturhaushaltes den Nutzungsaspekt "Erhöhung der Flugsicherheit auf Flugplätzen und in ihrem Umland" zu garantieren. Durch die Erläuterung der verschiedenen Teildisziplinen der Ökologie und deren Fragestellungen werden ihre Bezüge zur Vogelschlagverhütung aufgezeigt. Über die Kenntnis der Lebensraumansprüche vogelschlagrelevanter Arten und die ihr Vorkommen und ihre Häufigkeit bestimmenden populationsdynamischen bzw. "sozialen" Faktoren kann eine nachhaltige Minderung des Vogelschlagrisikos an Flughäfen und in ihrem Umland erfolgreich betrieben werden. Am Beispiel der Bestandsänderungen von Rebhuhn und Kormoran soll die Wirkungsweise von Umweltveränderungen auf Vogelbestände gezeigt werden.

**Summary:** The research topic of ecology is the interaction between organisms and their biotic and abiotic environment. By the use of ecological methods for bird-strike prevention we apply regularity of the ecosystem balance to realise more flight safety. With reference to bird-strike prevention the different subjects of ecology and their scientific questions are explained. About the knowledge of habitat preference of birds causing bird strikes and by affecting the different keyfactors of their populationdynamic respectively social behaviour there will be an enduring

reduction of bird-strikes. The effect of environmental change on bird population will be demonstrated on the two species cormorant and partridge.

## **1. Einleitung**

Die Silbe "Öko" ist heute ein häufig verwendetes Präfix. Von Öko-Bauer bis Öko-Waschmittel zirkulieren diese Begriffe in der Alltagssprache, wenn Themen aus den Feldern Arten-, Natur- und Umweltschutz diskutiert werden. Oft herrscht dabei eine große Begriffsunsicherheit bzw. Begriffsverwirrung vor, weil die Wenigsten sich über die Herkunft dieser Vorsilbe informiert haben. Der Begriff Ökologie, aus der diese Vorsilbe abgeleitet wurde, steht für eine Wissenschaftsdisziplin, die auf eine mehr als hundertjährige Tradition zurückblicken kann. Erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts wurde die Wichtigkeit von Erkenntnissen und Arbeitsmethoden dieser Wissenschaft für die Bewältigung moderner Umweltprobleme erkannt und verstärkt angewendet.

## **2. Was ist Ökologie?**

Der deutsche Zoologe Ernst Haeckel hat 1866 Ökologie als die "gesamte Wissenschaft von den Beziehungen der Organismen zur umgebenden Außenwelt" definiert. Um Informationen über Art und Umfang der Beziehungen zwischen Organismen und ihrer Außenwelt zu bekommen, stehen drei Fragenkomplexe im Mittelpunkt ökologischer Forschung:

1. Räumliche und zeitliche Verteilung der Lebewesen (Biogeographie)
2. Wechselseitige Beziehungen der Lebewesen zu ihrer abiotischen (Autökologie, Ökophysiologie) und biotischen Umwelt (Populationsökologie, Synökologie)
3. Stoff- und Energiekreisläufe in Ökosystemen, ökologische Modelle

Die Reihenfolge, in der die o.g. Fragen aufgestellt wurden, spiegelt in vereinfachter Form die historische Entwicklung dieser Disziplin wider. Darüber hinaus werden mit diesen Fragestellungen auch die wissenschaftlichen Grundlagen der Biotopgutachten, dem Hauptarbeitsinstrument für die Vogelschlagverhütung auf Flughäfen, umrissen. Im folgenden soll versucht werden, diese drei Fragestellungen und die daraus entstandenen Fachdisziplinen vorzustellen und ihren Bezug zu den Maßnahmen der Vogelschlagverhütung an Flughäfen darzustellen.

Am Anfang ökologischer Forschung standen Fragen zur räumlichen Verbreitung

von Organismen im Vordergrund. Im 19. Jahrhundert beschäftigten sich Forschungsreisende, z.B. Alexander von Humboldt, mit der großräumigen Verteilung von Tieren und Pflanzen. Dabei wurde die Wirkung von Ozeanen, Wüsten und hohen Gebirgen als Barrieren für die Ausbreitung von Arten erkannt. Werden diese physischen Hindernisse einmal überwunden, z.B. durch das Einschleppen mit menschlicher Hilfe, so findet eine weitere Ausbreitung statt.

In vielen Fällen begrenzen aber nicht nur leicht wahrnehmbare Hindernisse das Vorkommen von Organismen, sondern physikalisch/chemische Faktoren wie Licht, Temperatur, Feuchtigkeit, Druck, Strömung, Bodenart, pH-Wert, Sauerstoff- oder Salzgehalt und zunehmend auch Umweltschadstoffe. Bei näherer Untersuchung stellt sich heraus, daß jede Art auf die oben erwähnten Faktoren in einer ihr typischen Weise reagiert und bestimmte Bedingungen dieses Faktors zum Überleben braucht. In der Öko-Physiologie untersucht man, wie Lebewesen auf physikalische und chemische Umweltfaktoren reagieren bzw. sich an diese anpassen.

Neben diesen beiden Faktoren brauchen Organismen für ihr Auskommen und ihre Reproduktion bestimmte Ressourcen, z.B. Nahrung, Brut- und Rastplätze oder auch das Vorhandensein von Geschlechtspartnern. In der Regel sind derartige Ressourcen begrenzt, und ob diese ausreichen, hängt auch immer davon ab, wieviele Konkurrenten sich diese teilen müssen. Eine Gruppe von Individuen derselben Art, die sich zur gleichen Zeit auf dem gleichen Raum dieselben Ressourcen teilen, nennt man Population. So werden Artgenossen über ihre Konkurrenz zu "sozialen Umweltfaktoren". Seit den 20er Jahren beschäftigt sich die Populationsökologie mit diesen Wechselwirkungen und ihren Auswirkungen auf Wachstum, Stabilität bzw. Abnahme von Populationen. Für die Vogelvergrämung an Flughäfen geht es primär darum, die begrenzenden Ressourcen einer Art zu erkennen, um so die Möglichkeit einer indirekten Einflußnahme auf ihr Vorkommen zu erhalten.

Bei der Konkurrenz um eine begrenzte Ressource stellt man in der Regel fest, daß die einzelnen Mitglieder einer Gruppe durch bestimmte Verhaltensweisen unterschiedlich erfolgreich sind. Die Verhaltensökologie versucht herauszufinden, welche Verhaltensmuster unter welchen Umweltbedingungen zu welchem Erfolg führen. Oft stellt sich heraus, daß der Erfolg eines Verhaltens frequenzabhängig ist, d.h. wieviel Artgenossen die eine oder die andere Strategie benutzen. Die Anpas-

sungen an Störreize, wie sie auf pyroakustische Vergrämungsmethoden an Flughäfen sehr oft beobachtet werden, stellt solch ein für das Individuum erfolgreiches Verhaltensmuster dar. Individuen lernen sehr schnell, daß von solchen Maßnahmen keine wirklichen Gefahren ausgehen, und daß energieaufwendige Fluchtreaktionen zum Nachteil werden.

Durch identische Lebensraumansprüche findet zwischen Artgenossen die schärfste Konkurrenz statt, wenn es um Ressourcenverteilung geht. In der Regel sind sie aber nicht die einzigen Konkurrenten. So findet zwischen unterschiedlichen Arten auch eine Konkurrenz statt, die sich in verschiedensten Formen wie in direkter Nahrungskonkurrenz, Räuber/Beute- oder Wirt/Parasit-Beziehungen äußert. Gruppen von Tieren und Pflanzen aus unterschiedlichen Arten eines geographischen Raumes, die sich durch zahlreiche Wechselwirkungen gegenseitig beeinflussen, nennt man Biozönose oder Lebensgemeinschaft. Unter Ökosystem versteht man das gesamte Wirkungsgefüge aus chemisch/physikalischen Umweltbedingungen in Verbindung mit der an diesen Standort angepaßten Lebensgemeinschaft. Auch Flughäfen und ihre Umgebung sind, wenn man nachhaltige Vogelbeeinflussung betreiben will, als solche Wirkungsgefüge zu verstehen.

Ökosysteme zeichnen sich durch ihre Fähigkeit zur Selbstregulation aus, d.h. über die bloße Summe ihrer Einzelfaktoren entstehen neue Strukturen und Eigenschaften. Diese Einzelfaktoren in ihrer Gesamtheit und in ihrem Beziehungsgeflecht zu erfassen, um dann wesentliche von unwesentlichen zu trennen, geht über normale menschliche Auffassungsmöglichkeiten. Deshalb versucht die theoretische Ökologie die Komplexität von solchen Wirkungsgefügen mittels mathematischer Modelle und Computersimulationen zu beschreiben. Gerade weil natürliche Ökosysteme wegen ihrer Komplexität mathematisch so nicht handhabbar waren, mußten sie vereinfacht werden. Dies geschah z.T. aber soweit bis sie zur Karikatur realer Systeme verkamen.

Mathematische Modelle und Computersimulationen bieten dadurch neuen Erkenntnisgewinn, daß sie Vorhersagen ermöglichen. Diese sind auch dann nützlich, wenn die vorhergesagten Ereignisse nicht eintreffen. Sie weisen zumindest darauf hin, daß Faktoren übersehen oder falsch eingeschätzt wurden. Auch wenn diese modernen Entwicklungen in der Ökologie für die heutige Praxis der Vogelschlagver-

hütung auf Flughäfen noch keine konkreten Arbeitsmethoden bieten, so werden sie in Zukunft bei ökologischen Planungen immer stärker Berücksichtigung finden.

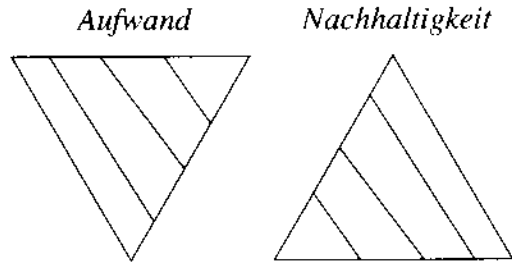
In Abb. 1 sind die verschiedenen Fragestellungen der Ökologie und die Fachdisziplinen, die sich dieser Fragestellungen annehmen, nach dem Grad ihrer Komplexität zusammengestellt. Für die Maßnahmen der Vogelschlagverhütung auf Flughäfen haben die Erkenntnisse dieser Disziplinen einen direkten Bezug. Die Nachhaltigkeit von Maßnahmen zur Minderung des Vogelschlagrisikos ist abhängig von der Ebene, auf der sie durchgeführt werden. Ähnlich wie geographische Hindernisse haben direkte Vergrämuungsmaßnahmen keine nachhaltigen Wirkungen. Haben Arten einmal geographische Barrieren wie z.B. Wüsten oder Gebirge überwunden, findet eine ungebremste Ausbreitung statt. Ebenso wirken direkte Vergrämuungsmaßnahmen nur, solange sie angewendet werden, gleichzeitig wird durch Gewöhnungseffekte die Wirkung dieser Maßnahmen aufgehoben. Maßnahmen zur Vogelschlagverhütung wirken um so effektiver und nachhaltiger je mehr die komplexen Wirkungsgefüge berücksichtigt werden und in deren Mechanismen eingegriffen wird.

### **3. Arbeitsmethoden der angewandten Ökologie bei der Vogelschlagverhütung**

Nachhaltige Methoden zur Verminderung des Vogelschlagrisikos im Luftverkehr basieren auf dem Konzept der aktiven Gestaltung von Lebensräumen mit dem Ziel, deren Attraktivität für vogelschlagrelevante Arten soweit als möglich zu reduzieren. Eine erfolgreiche Anwendung dieser Methode setzt voraus, daß die Zusammenhänge zwischen wirkenden Umweltfaktoren und den jeweiligen Lebensraumansprüchen der betrachteten Art präzise erkannt und dokumentiert sind. Geeignete Vergrämuungsmaßnahmen setzen dann an der Beeinflussung dieser für die zu vergrämende Art wichtigen Schlüsselfaktoren an. Damit basieren moderne Methoden der Vogelschlagverhütung auf Kenntnissen, die zu den o.g. Fragestellungen gehören, mit denen sich die Ökologie als Wissenschaft intensiv beschäftigt und treffender mit dem Begriff „angewandte Ökologie“ umschrieben werden kann.

Zustandsbeschreibungen bzw. Veränderungen unserer Umwelt können grundsätzlich auf zweierlei Weise dokumentiert werden. Zum einen lassen sich durch die Anwendung instrumenteller Techniken physikalische wie chemische Umweltfaktoren messen, zum anderen läßt sich das Vorkommen und/oder leicht erkennbare Verhalten von Lebewesen mit bestimmten Faktoren ihrer Umwelt so eng korrelie-

**Abb. 1:** Die verschiedenen Teilgebiete der Ökologie mit ihren wissenschaftlichen Fragestellungen sowie die Effizienz von Maßnahmen, die das Vorkommen von Arten auf verschiedenen Ebenen beeinflussen. Die nachhaltigste Einflußnahme, um das Vorkommen von Arten zu verändern, erfolgt dort, wo Wirkungsgefüge von Ökosystemen verändert werden.



### Art kommt vor, weil . . .

Biogeographie

... Ausbreitung nicht gehindert durch Hindernisse (z.B. Meere, Wüsten, Gebirge)

Ökophysiologie

... physikal.-chem. Faktoren geeignet (z.B. Temperatur, pH)

Populations-Ökologie

... Ressourcen ausreichend vorhanden (z.B. Nahrung, Brutbäume)

Ökosystemforschung  
(Modelling)

... andere Arten „stören“  
(interspez. Konkurrenten, Räuber, Parasiten)

ren, daß man sie als Zeiger bzw. quantitativen Test für das Wirken dieses Umweltfaktors verwenden kann. Unter dieser weit gefaßten Definition lassen sich je nach dem Grad ihrer Repräsentativität bzw. Reproduzierbarkeit ihrer Ergebnisse verschiedene Arten der Bioindikation unterscheiden. In der messenden Umweltwissenschaft wird hohe Präzision bzw. Reproduzierbarkeit von Ergebnissen angestrebt, (die gleiche Ursache muß immer wieder zu der gleichen Wirkung führen). Allerdings verhält sich diese leider umgekehrt proportional zu der Repräsentativität bei lebenden Systemen. So lassen sich Umweltveränderungen auf der Ebene von Landschaften oder Ökosystemen kaum auf einen Faktor oder monokausale Beziehungen zurückführen. Dies soll an Beispielen, wie sie beim Einsatz von Testorganismen bzw. Zeigerarten auftreten, veranschaulicht werden.

### 3. 1. Testorganismen

Testorganismen, z.B. Wachteln, werden in toxikologischen Labortests eingesetzt. Hierbei soll Bioindikation wie eine Titration in der Chemie funktionieren. Testsubstanz ist eine neue Chemikalie, Indikator ist die unter standardisierten Bedin-

gungen gehaltene Tierpopulation, Umschlagpunkt ist eine dokumentierbare Verhaltens- oder Vitalitätsänderung der Individuen. Solche Laborversuche mit weitgehend standardisierten Bedingungen besitzen zwar eine hohe Reproduzierbarkeit, sind aber aufgrund ihrer notwendigen Vereinfachungen nur beschränkt auf reale Umweltsituationen mit komplexen Wirkungsgefügen übertragbar.

Zur Verhütung von Vogelschlägen wäre das Wissen über derart enge Korrelationen zwischen Umweltfaktoren und dem Vorkommen vogelschlagrelevanter Arten auch aus juristischen Überlegungen besonders wünschenswert. Doch selbst einfache Ökosysteme, wie die weitgehend durch Technik bestimmten Areale von Flugplätzen, stellen ein aufgrund ihrer standörtlichen Gegebenheiten und der komplexen Beziehungen zwischen Organismen und ihrer Umwelt sowie der von Menschen ständig veränderten Bedingungen so komplexe Wirkungsgefüge dar, daß sie sich durch die in stark vereinfachten Laborversuchen ermittelbaren Modellvorstellungen z.Z. noch nicht beschreiben lassen.

### **3.2. Bioindikatoren**

Bioindikatoren oder Zeigerarten im engeren Sinn gestatten anhand ihres Vorkommens, Rückgangs oder ihrer Zunahme an Freilandstandorten Aussagen über das Wirken von bestimmten Umweltbedingungen in Ökosystemen wie z.B. pH-Wert im Boden, Nährstoffverhältnisse, Vegetationsstruktur wie Kurzrasigkeit oder Klimaveränderungen. Eine strenge Quantifizierung der Aussage ist aufgrund des Zusammenwirkens mehrerer Faktoren bei dem derzeitigen Kenntnisstand allerdings nicht immer möglich.

Im Sinne von qualitativer Bioindikation ist das Vorkommen von Vögeln in der Nähe von Flugplätzen zu interpretieren. Dabei besteht die generelle Schwierigkeit, zu erkennen, mit welchen Umweltfaktoren das Vorkommen der betreffenden Art korreliert. An zwei Beispielen von Arten, die durch ihre Abnahme bzw. Zunahme großräumige Änderungen in der Landschaft anzeigen, soll dies verdeutlicht werden.

#### **3.2.1. Rückgang des Rebhuhns als Indikator für Veränderungen in der Agrarstruktur**

Das Rebhuhn besiedelt als ursprünglicher Steppenvogel heute in Mitteleuropa die vom Menschen geschaffene Kulturlandschaft aus Äckern, Wiesen und Weiden. Es bevorzugt reich gegliedertes, offenes Ackerland mit Fruchtwechselwirtschaft auf

warmen Löß-, Schwarzerde- und Braunerdeböden. Dabei sind Hecken, Büsche, Brachflächen, Altgrasstreifen und Staudenfluren an Wegen und Feldrainen als ganzjährige Nahrungs- und Deckungsbiotope notwendig. Gemieden werden kalte und nasse Böden sowie Waldränder (DÖRING & HELFRICH 1986).

Optimale Rebhuhnhabitate zeichnen sich aus durch:

- lange Grenzlinien, die neben Deckung auch Nahrung bieten und/oder lockeren Boden zum Hudern und Picken,
- ganzjährige Deckungsstreifen (Hecken oder feldrainähnliche Altgrasstreifen besonders während der Phase der Paarbindung im Frühjahr),
- bewachsene, selten befahrene Wege als Nahrungsquelle und Deckung,
- mosaikartig verteilte, extensiv oder ungenutzte Flächen,
- wildkrautreiche Sonderkulturen,
- Kartoffelanbau als Deckung.

Der großräumige Rückgang der Rebhuhnbestände in Mitteleuropa setzte zu Beginn der 50er Jahre ein. Die Suche nach dem Schlüsselfaktor als Auslöser für diesen starken Rückgang gestaltete sich als schwierig, weil durch die Intensivierung der Landbewirtschaftung seit diesem Zeitpunkt eine Vielzahl von sichtbaren und weniger auffälligen Änderungen auf landwirtschaftlich genutzten Flächen eingetreten waren, zudem Rebhuhnbestände sich von Natur aus durch große jährliche Schwankungen auszeichnen und sich die Angaben über Bestandsrückgänge nur indirekt über Jagdstatistiken (Anzahl erlegter Exemplare) ermitteln ließen (POTT 1986). Anhand der Ergebnisse langjähriger Feldstudien zeigte sich, daß der Frühjahrsbesatz die geeignete Bezugsgröße für die Beurteilung von Rebhuhnbeständen darstellt.

Mit der Intensivierung der Landwirtschaft verbindet sich eine ganze Reihe von Maßnahmen wie z.B. verstärkter Einsatz von Pflanzenbehandlungsmitteln und Düngemitteln, größerer Maschineneinsatz und Flurbereinigungsmaßnahmen. Bei der Ursachenforschung für den Rückgang des Rebhuhns ließ sich durch Korrelationsanalysen (PEGEL 1987) eine positive Korrelation zwischen dem Grenzlinienindex und der Rebhuhn-Bestandsgröße im Frühjahr feststellen. Der Grenzlinienindex wird bestimmt von Flächengröße und Flächengestalt und gibt die Länge von Grenzlinien (Feld- und Wegrainen) pro 100 ha an (Abb. 2).

Da der Einsatz von großen landwirtschaftlichen Maschinen nur auf großen Acker-schlägen rationell möglich ist und dies parallel mit einem höheren Einsatz von



Düngemitteln und Pflanzenbehandlungsmitteln einhergeht, kann der Rebhuhnbestand einer Landschaft über diese Korrelation indirekt als ein Maß für den Grad der Intensivierung der Landbewirtschaftung dienen. Aus den dargestellten ökologischen Anforderungen des Rebhuhns an seinen Lebensraum läßt sich besser verstehen, weshalb gerade Flughäfen aufgrund ihrer extensiven Grünlandbewirtschaftung potentiell geeignete Rückzugsgebiete für Rebhuhnbestände in intensiv genutzten Agrarlandschaften darstellen. Werden zusätzlich Grenzlinien wie z.B. durch die Streifenmahd geschaffen, erfüllen Flughäfen alle Anforderungen an ein ideales Rebhuhnhabitat. Hohe Bestandsdichten auf diesen Flächen sind nur die Folge der bestehenden Verhältnisse.

### **3.2.2. Zunahme des Kormorans infolge großflächiger Landschaftsveränderung und Eutrophierung**

Mitteuropäische Kormorane zeichnen sich z.Z. zum einen durch ihre enorme Bestandszunahme aus, darüber hinaus besitzen sie durch ihre Körpergröße, ihr Verhalten als Schwarmvögel sowie ihre enge Bindung an Wasserflächen, welche allzu häufig in der Nähe von Flughäfen vorhanden sind, einen deutlichen Bezug zur Vogelschlagproblematik.

Die starke Bestandszunahme mitteleuropäischer Kormorane ist das Resultat großflächiger, vom Menschen verursachter Umweltveränderungen zu Gunsten dieser Vogelart. Dieses enorme Populationswachstum mitteleuropäischer Kormorane in nur wenigen Jahren läßt sich nur durch den Effekt der positiven Rückkopplung von Entwicklungen in Brut-, Durchzugs- bzw. Überwinterungsgebieten erklären (MEBS et al. 1993).

Über Flüsse und auf dem Luftweg finden Nährstoffeinträge aus anthropogenen Quellen in die flachen Küstengewässer von Nord- und Ostsee statt, was zu einer enorm gesteigerten biologischen Produktion dieses Ökosystems führt (HÖPNER 1989). Diese Bereiche sind die traditionellen Brutgebiete mitteleuropäischer Kormorane. Ein verbessertes Nahrungsangebot für Brutpaare vergrößert deren Zahl und führt gleichzeitig zu einem höheren Bruterfolg. In den traditionellen Durchzugsgebieten haben eine Reihe von vom Menschen verursachten Veränderungen zu einer Habitatverbesserung geführt. Der Kormoran profitiert von der Schaffung künstlicher Wasserflächen unterschiedlichster Natur. Besonders die Naßauskiesungen in Bereich der Urstromtäler haben eine Vielzahl von künstlichen Wasserflächen geschaffen, die durch ihren hohen

Fischbesatz und ihre Morphologie und Ufergestaltung ideale Jagdgründe für Kormorane darstellen. Auf der Rheinschiene, dem Hauptzugweg in die Winterquartiere, werden die Durchzügler so in Verbindung mit milden Wintern zum Bleiben animiert. Diese für den Kormoran günstigen Überwinterungshabitate führen zu einer geringeren Wintersterblichkeit sowie zu einer verbesserten Kondition der Rückkehrer. In Abb.3 sind die unterschiedlichen Ursachen und ihr Zusammenwirken als Ursache für den Bestandsanstieg zusammengestellt.

Aufgrund dieser vielschichtigen Entwicklungen kann der Abschluß von Kormoranen an Brennpunkten wie Teichanlagen, die durch ihren hohen Fischbesatz für Kormorane eine extrem hohe Attraktivität besitzen, keine nachhaltige Veränderung der Situation bewirken. In diesem Fall können nur ständig an die verschiedenen Bedingungen anzupassende Abwehrmaßnahmen zu kurzfristigen und lokalen Erfolgen führen. Zur Minderung des Vogelschlagrisikos durch Kormorane kann diese Entwicklung nur bedeuten, die Schaffung künstlicher Wasserflächen in der Nähe von Flughäfen und Flugplätzen mit allen Möglichkeiten zu verhindern.

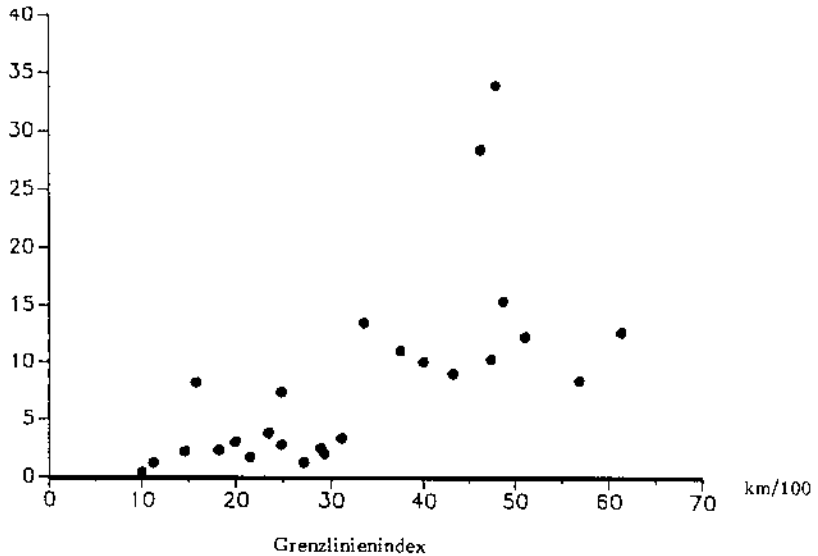
#### **4. Vorteile, Grenzen und Schlußfolgerungen bei der Vogelschlagverhütung mit Hilfe ökologischer Methoden**

Eine effiziente Vogelvergrämung an Flugplätzen macht sich das nach dem Schlüssel-Schloß-Prinzip funktionierende Vorkommen von Arten zu Nutze. Habitatansprüche einer Art und die an bestimmten Orten vorherrschenden Umweltbedingungen passen wie Schlüssel und Schloß ineinander. Der Schlüssel, in diesem Beispiel die zu vergrärende Vogelart, paßt genau in das Schloß, dem die an einem bestimmten Ort (hier Flughafen) existierenden Umweltbedingungen entsprechen. Durch Manipulation am Schloß mit dem Ziel, dieses Ineinanderverschließen zu verhindern, wird versucht, die vogelschlagrelevante Art im wörtlichen Sinne auszusperren. Durch Erkenntnisse der angewandten Ökologie ist man in der Lage, die notwendigen Manipulationen vorzunehmen.

Die charakteristischste Eigenschaft von Organismen ist ihre Fähigkeit zur Anpassung, d.h. sie können sich über Lern- und Selektionsprozesse auf veränderte Umweltbedingungen neu einstellen. Dadurch wird die kritische Überprüfung von einmal gefundenen Zusammenhängen für jeden einzelnen Flughafen immer wieder notwendig. Mit sich ständig ändernden Umweltsituationen muß auch die Fortschreibung von Biotopgutachten mit regelmäßig erfolgenden Aktualisierungen einhergehen.

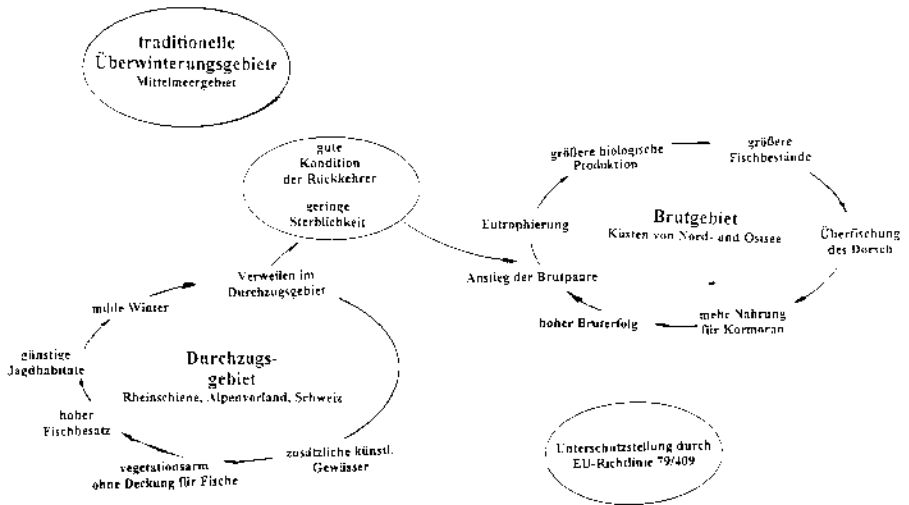
Frühjahrszählung

Anzahl Rebhuhnpaare/100 ha



**Abb. 2:** Der Grenzlinienindex als Maß für die Größe von Rebhuhnbeständen nach PEGEL (1987). Die Größe von Frühjahrsbeständen des Rebhuhns ist direkt von der Länge der Grenzlinien in einem Habitat abhängig.

Abzisse: Grenzlinienindex als Quotient aus Länge von Grenzlinien wie Acker- und Wegraine pro 100 ha Untersuchungsfläche. Ordinate: Anzahl der Rebhuhnpaare pro 100 ha bei der Frühjahrszählung.



**Abb. 3:** Ursachen für den Bestandsanstieg mittel-europäischer Kormorane. Kormorane zeigen durch ihre enorme Bestandszunahme in Mitteleuropa, großräumige, von Menschen verursachte Veränderungen zu seinen Gunsten an. Nur durch den Effekt der positiven Rückkopplung von den Entwicklungen im Brutgebiet, Durchzugsgebieten sowie die gleichzeitige Unterschutzstellung kann die schnelle Zunahme erklärt werden. Durch Nährstoffeinträge in die Brutgebiete erfolgt eine nachhaltige Änderung auf der Systemebene.

## 5. Literatur

DÖRING, V. & R. HELFRICH (1986): Zur Ökologie einer Rebhuhnpopulation (*Perdix perdix*, L.) im Unteren Naheland. Schriften des Arbeitskreises für Wildbiologie und Jagdwissenschaft an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Heft 15. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

HÖPNER, Th. (1989): Eutrophierung der Nordsee und des Wattenmeeres. Norddeutsche Naturschutzakademie Berichte 2. Jg./Heft 1: 14-20.

MEBS, Th., H. KLINGER & T. HÜBNER-MIRIALE (1993): Der Kormoran in Nordrhein-Westfalen. Löff-Mitteilungen 4/1993: 44-48.

POTTS, G.R. (1986): The Partridge. William Collins Sons & Co. Ltd, London.

PEGEL, M. (1987): Das Rebhuhn (*Perdix perdix* L.) im Beziehungsgefüge seiner Um- und Mitweltfaktoren. Schriften des Arbeitskreises für Wildbiologie und Jagdwissenschaft an der Justus-Liebig-Universität Gießen, Heft 18. Ferdinand Enke Verlag, Stuttgart.

*Anschrift des Verfassers:*

Dr. Edmund Hahn

Bahnhofstr. 34

56850 Enkirch