©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ber. ANL 10 159-169
Juli 1986

# Tagfalter: Indikatoren für Umweltveränderungen

Josef Reichholf

## 1. Sterben unsere Tagfalter aus?

Der auffällige Rückgang von Tagfaltern und Blumenwiesen wird häufig als besonderes Indiz für die fortschreitende Verschlechterung der Verhältnisse in unserer Umwelt angesehen. Zahlreiche Aktionen des Naturschutzes versuchen sich der Schmetterlinge anzunehmen. In einem beispielhaften, umfassenden »Hilfsprogramm für Schmetterlinge« stellten BLAB & KUDRNA (1982) die vorliegenden Befunde zur Gefährdung der Tagfalter zusammen und versuchen diverse Gegenmaßnahmen zu entwickeln, die dem Rückgang Einhalt gebieten sollen.

Als Hauptverursacher wird die moderne Landwirtschaft erachtet: Der Rückgang gefährdeter Arten wird ihr in 69,2 % der Fälle zur Last gelegt (BLAB & KUDRNA l.c.). Auf »natürliche Einflüsse« sollen hingegen nur 3,3 % der Fälle zurückzuführen sein.

Nach den Hoch- und Flachmooren, die von Natur aus selten sind und daher einen überproportional hohen Anteil an seltenen Arten beinhalten, gelten die Bewohner xerothermer Rasengesellschaften und die Arten xerothermer Gehölzvegetation besonders gefährdet. Zusammengenommen übertreffen sie sogar die Moor-Arten. Hingegen sind Schmetterlinge des mesophilen Offenlandes, alpine Arten und Ubiquisten nahezu ungefährdet eingestuft. Auch bei montanen Arten liegt der Gefährdungsgrad niedrig (alle Angaben nach BLAB & KUDRNA l.c.).

Demnach sind für langfristige Trenduntersuchungen insbesondere Arten von Trocken- bzw. Feuchtbiotopen wichtig. Aber es bedarf auch der kritischen Beobachtung der Entwicklung im ungefährdeten Spektrum der Arten des Offenlandbereiches mesophiler Prägung, um gewissermaßen eine Bezugslinie für die Veränderungen zu bekommen.

Quantitative Untersuchungen über längere Zeiträume fehlen im mitteleuropäischen Bereich noch weitestgehend, so daß eine pauschale Antwort, ob die Tagfalterbestände zurückgehen, sicher nicht möglich bzw. verfrüht sein wird.

Aber es lassen sich aus geeigneten Lokalstudien detailliertere Fragen behandeln, die eine Vertiefung der Problematik ermöglichen. Das »Hilfsprogramm für Schmetterlinge« hat eine Fülle solcher Ansatzmöglichkeiten aufgezeigt. Es liegt nun an den Entomologen, die Fragen gebietsbezogen präzise genug zu stellen, die Freilanduntersuchungen mit geeigneten Methoden durchzuführen und die Ergebnisse kritisch zu interpretieren.

## 2. Fragestellungen

Umfassende Fragen ziehen unpräzise, pauschalierende Antworten nach sich; hochspezielle hingegen ergeben genaue, aber schwer (oder nicht) zu verallgemeinernde Resultate. Diesem Dilemma, daß Präzision verloren geht, je weiter der Rahmen gesteckt wird, und der Gültigkeitsbereich sich verengt, je spezieller die Untersuchung wird, sieht sich die ökologische Freilandforschung in besonderem Maße ausgesetzt (REMMERT 1978).

Die relativ erfolgreichste Strategie des Vorgehens besteht daher zumeist darin, die Analyse nur so weit ins Detail zu treiben, als dies unbedingt notwenig ist für die Synthese zu einer den Anforderungen entsprechend hinreichend genauen Aussage.

Für die Grundfrage nach Art und Ausmaß der Bestandsbedrohung heimischer Tagfalter erscheint ein solches Vorgehen notwendig und sinnvoll, um in einem überschaubaren Zeitraum mit einem vertretbaren Aufwand zu brauchbaren Befunden zu kommen. Das wurde in dieser Studie angestrebt.

Die Frage »Nehmen die Tagfalter-Bestände ab?« läßt sich somit in mehrere Teilfragen mittleren Präzisionsgrades zerlegen:

- Wie häufig sind die Tagfalter in verschiedenen Lebensraum-Typen der Kulturlandschaft?
- Welche Lebensräume sind von besonderer Bedeutung?
- Verlaufen Veränderungen in der Häufigkeit der Tagfalter in allen Lebensraum-Typen gleichsinnig oder unterschiedlich?
- Reagieren die verschiedenen Arten unterschiedlich?
- Gibt es Arten, die Umweltveränderungen in besonderem Maße anzeigen (Indikator-Arten)?
- Lassen sich die Teilfragen beim derzeitigen Stand der Untersuchungen zu einer Trend-Aussage verbinden?

Die nachfolgende Auswertung langjähriger Untersuchungen zur Tagfalter-Häufigkeit soll Bausteine zu diesem Fragenkomplex liefern. Dabei wird im Hinblick auf die Notwendigkeit, zu Schutzkonzepten zu kommen, bevor jedes kleinste Detail erforscht ist, bewußt (und ganz im Sinne von REMMERT 1978) die methodisch bedingte Unschärfe der Felduntersuchung in Kauf genommen.

## 3. Untersuchungsgebiet: Das niederbayerische Inntal

Die Tagfalter-Untersuchungen erfolgten im Bereich der Stauseen am unteren Inn im Abschnitt zwischen Simbach/Inn und Neuhaus-Schärding im niederbayerischen Inntal. Das alluviale Flußtal liegt in 320 bis 350 m NN im Übergangsbereich zum Kontinentalklima. Die mittlere Jahrestemperatur beträgt etwa 9,1° C und die Niederschlagsmengen bewegen sich in der Regel zwischen 650 und 750 mm/Jahr.

Der ca. 20 bis 50 km südlich von Passau gelegene Talabschnitt wird vom Neuburger Wald, einem geologischen Teil des Böhmerwaldmassivs gegen Norden, vom niederbayerischen Tertiärhügelland nach Westen und Nordwesten, und vom Flußlauf selbst gegen Süden und Osten (Österreich) begrenzt. Eine genauere Beschreibung befindet sich in REICHHOLF & REICHHOLF-RIEHM (1982).

Für die Untersuchung der Tagfalter-Häufigkeiten ist folgende **Lebensraum-Gliederung** von Bedeutung:

- Die Stauseen enthalten ausgedehnte **Inselgebiete,** deren Entwicklung durch menschliche Nutzungen unbeeinflußt bleibt. Auf diesen Inseln finden sich die Sukzessionsstadien von Röhrichten (Phalaridetum und Phragmitetum) und »Annuellen« (diverse Uferpflanzen, wie Blutweiderich *Lythrum salicaria,*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Ehrenpreis-Arten *Veronica beccabunga* und *V. anagallis,* Wolfstrapp *Lycopus europaeus,* Sumpf-Vergißmeinnicht *Myosotis palustris,* Gauklerblume *Mimulus luteus* und Zweizahn *Bidens spec.*, die in einen Silberweiden-Auwald (Salicetum albae) übergehen. Ältere Entwicklungsstadien weisen Grauerlen *Alnus incana* und Pappeln *Populus nigra* (gekreuzte Formen mit P. x canadensis kommen vor) und *P. tremula* auf.

- die **Dämme** grenzen die Stauräume gegen das Vorland ab. Sie sind je nach Entfernung vom Kraftwerk etwa 8 bis 15 m hoch und nur stellenweise extensiv als »Mähwiesen« genutzt. Größere Abschnitte unterliegen keiner landwirtschaftlichen Nutzung (xerotherme Trocken- bzw. Magerrasen) oder unterliegen einer selbständigen Entwicklung von lockerem oder dichterem Buschbewuchs, der an wenigen Stellen in kleine Erlenwäldchen übergeht. Diese Situation gilt für die Dämme an den Stauräumen Ering-Frauenstein und Egglfing-Obernberg, die während des letzten Krieges in den Jahren 1940 - 42 errichtet worden sind. Der 1960/61 fertiggestellte Damm des Stauraumes Schärding-Neuhaus, der sich von Egglfing bis zum Kraftwerk bayerischerseits erstreckt, wurde mit einem artenreichen Busch- und Baumbestand bepflanzt (»gestaltet«). Seine Krone ist trockener und noch erheblich nährstoffärmer als die der anderen Dämme.
- der **Auwald** begleitet mit wenigen Unterbrechungen den Flußlauf außerhalb der Stauräume. Es handelt sich um einen als Niederwald bewirtschafteten, teilweise recht artenreichen Auwald. Grauerlen (als Alnetum incanae) und gepflanzte Kanadische Hybridpappeln *Populus* x *canadensis* nehmen große Flächenanteile darin ein. Charakteristisch sind die Bestände von Wildem Hopfen *Humulus lupulus* sowie Traubenkirschen-Gruppen *Prunus padus.* Hochstehendes Grundwasser und zufließende Bäche aus dem Vorland versorgen die früheren Seitenarme als Altwasserketten mit Wasser. In ihnen sind, soweit sie nicht mehr oder weniger stark verockern (REICHHOLF 1981) vielfältige Verlandungsstadien ausgebildet. Insgesamt sind diese Auwälder noch als hochwertige Lebensräume aus der Sicht des Naturschutzes einzustufen. Die Umwandlung zu Maisfeldern hat rund die Hälfte der Auwaldflächen in den 60er und 70er Jahren vernichtet.
- die **Felder** des Vorlandes werden intensiv ackerbaulich genutzt. Maisanbau herrscht vor. Wiesen sind selten geworden oder fehlen über größere Strecken ganz. Wenn noch vorhanden, sind sie als Fettwiesen einzustufen.
- **Dörfer** und **Kleinstädte** sind im niederbayerischen Inntal insbesondere entlang der alten Niederterrassen (Hochwassergrenzen) ausgebildet und vielfach von landwirtschaftlichen Anwesen und lockerer Siedlungsbauweise geprägt. Kleinere und größere Gärten finden sich häufig; Industrieanlagen fehlen im Untersuchungsgebiet völlig.
- **Fichtenforste** mit wenigen anderen Baumarten ziehen sich als schmaler Gürtel über eine magere Mittelterrasse. Sie sind zum Teil in Staats- zum Teil in Privatbesitz.

Nach diesen Lebensraum-Typen wurde der Untersuchungsraum aufgeteilt. Sie entsprechen - mit Ausnahme der Inseln und Dämme - weit verbreiteten Typen von Landnutzung im mitteleuropäischen Raum.

## 4. Material und Methoden: Das Zählen von Schmetterlingen

Von 1971 bis 1981 wurden in diesem Gebiet am unteren Inn mehr als 10 000 Tagfalter registriert. Die angewandten Methoden, bezogen auf eine weitestgehend konstante Kontrollfrequenz von Jahr zu Jahr, stellen **Linientaxierungen** dar. Auf festgelegten Kontrollstrecken wurden über die Tageszeiten mit Flugaktivität verteilt die Falter gezählt. Bei der Mehrzahl der erfaßten Arten konnte die Bestimmung ohne Fang vorgenommen werden. War eine sichere Bestimmung so nicht möglich, wurde mit dem Netz gefangen und der Falter nach erfolgter Bestimmung wieder freigelassen. Unsichere Bestimmungen wurden nicht aufgenommen. Ausnahmen wurden nur bei den mitunter recht häufigen Weißlingen gemacht, bei denen ein Teil als *Pieris spec.* zusammengefaßt wurde, um zeitaufwendigen Fang zu vermeiden.

Die Linientaxierungen ließen sich besonders leicht auf den Dämmen durchführen, da diese im Abstand von 200 Metern Kilometertafeln tragen und aufgrund ihrer Struktur von der Dammkrone aus bequem vom Fahrrad aus oder zu Fuß zu kontrollieren waren.

Bei den seltenen Arten, wie etwa bei den beiden Schillerfalter-Arten *Apatura iris* und *A. ilia* wurden alle Individuen registriert, gleich ob sie auf den festgelegten Zählstrecken zu finden waren oder außerhalb. Gezählt wurde zumeist in der witterungsmäßig günstigsten Zeit, also überwiegend zwischen 9 und 11 Uhr und von 16 bis 17 Uhr.

Auf die Bestimmung von flächenbezogenen Häufigkeiten (Abundanzen) wurde verzichtet, da sich die Flugräume der einzelnen Individuen viel zu wenig abgrenzen lassen. Alle Angaben stellen vielmehr **relative Häufigkeiten** dar. Ihre Veränderungen wurden daher, wo der Materialumfang dies zuließ, mit statistischen Methoden überprüft.

Für einzelne Fragestellungen wurde versucht, die Ergebnisse durch Vergleich mit den Befunden der Jahre 1982 und 1983 kritisch zu überprüfen. Diese Vergleichsdaten wurden mit den gleichen Methoden ermittelt, wie sie auch 1971 - 1981 angewandt worden sind und sie beziehen sich auf die gleichen Untersuchungsgebiete bzw. Kontrollstrecken.

Die Korrelationsberechnungen erfolgten nach den üblichen statistischen Methoden.

## 5. Ergebnisse

### 5.1 Gesamtübersicht

Die Befunde für den Erfassungszeitraum 1971 bis 1981 sind in Tabelle 1 dargestellt. Das Spektrum zeigt insgesamt 45 Arten von Echten Tagfaltern (Rhopalocera) und Dickkopffaltern (Hesperiidae), die während der Zählexkursionen erfaßt worden sind. Weitere im Gebiet des unteren Inn vorkommende Tagfalterarten blieben ebenso unberücksichtigt, wie tagfliegende Arten anderer Schmetterlingsgruppen, um die Einheitlichkeit der Bezugsbasis für die Behandlung der quantitativen Veränderungen zu wahren.

Die in Tabelle 1 zusammengestellten Werte beinhalten sowohl die allgemeinen Streckenzählungen (Linientaxierungen), als auch die speziellen Zählungen an den Inndämmen. Auch die Daten der seltenen Arten sind mit eingeschlossen.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Tabelle 1**

**Ergebnisübersicht:**
**Tagfalter-Anzahlen für die Jahre 1971 - 81; General results of butterfly counts**

| Art | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Papilio machaon | 6 | 7 | - | 1 | 3 | 7 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 |
| Iphiclides podalirius | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 | - | - |
| Pieris brassicae | 104 | 61 | 166 | 233 | 216 | 223 | 46 | 106 | 37 | 33 | 40 |
| Pieris rapae/napi | 16 | 15 | 207 | 79 | 31 | 222 | 114 | 130 | 167 | 296 | 746 |
| Anthocharis cardamines | 17 | 7 | 15 | 22 | 15 | 9 | 10 | 20 | (6) | 18 | 16 |
| Gonepteryx rhamni | 18 | 25 | 34 | 34 | 23 | 71 | 71 | 81 | 27 | 49 | 28 |
| Colias hyale/australis | 4 | 7 | 46 | 7 | 11 | 30 | 8 | 1 | 11 | 2 | 29 |
| Erebia medusa | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Melanargia galathea | 22 | 16 | 67 | 27 | 50 | 6 | - | 16 | 1 | 13 | 7 |
| Satyrus circe | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - |
| Satyrus semele | - | - | - | - | - | 2 | - | - | - | - | - |
| Aphantopus hyperanthus | 104 | 95 | 256 | 172 | 150 | 11 | 24 | 58 | 20 | 17 | 36 |
| Pararge aegeria | 1 | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 2 |
| Maniola jurtina | - | - | 1 | 14 | 8 | 6 | 1 | 4 | - | 4 | - |
| Coenonympha pamphilus | 12 | 17 | 16 | 8 | 1 | 6 | 3 | 18 | - | 5 | 5 |
| Apatura iris | 7 | - | 1 | 6 | 7 | 26 | 4 | 8 | 8 | 7 | 19 |
| Apatura ilia | 1 | - | - | 3 | - | 6 | - | 2 | - | 2 | 11 |
| Limenitis camilla | 3 | 1 | 7 | 9 | 5 | 19 | 5 | 2 | 10 | 7 | 6 |
| Limenitis populi | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Vanessa atalanta | 1 | 14 | 4 | 4 | 69 | 12 | 32 | 2 | 16 | 5 | 10 |
| Pyrameis cardui | - | 1 | 3 | - | 10 | 4 | 7 | 2 | 4 | 7 | 9 |
| Inachis io | 54 | 117 | 140 | 129 | 63 | 111 | 61 | 124 | 129 | 82 | 69 |
| Vanessa urticae | 53 | 121 | 79 | 150 | 61 | 62 | 126 | 60 | 52 | 58 | 149 |
| Vanessa polychloros | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |
| Vanessa antiopa | - | 1 | - | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Polygonia c-album | - | - | 1 | 10 | 13 | 43 | 1 | 18 | 4 | 8 | 27 |
| Araschnia levana | 82 | 6 | 27 | 67 | 31 | 262 | 23 | 13 | 25 | 85 | 78 |
| Melitaea athalia | - | - | 9 | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Argynnis lathonia | 1 | - | - | 5 | - | 2 | - | - | - | - | 3 |
| Argynnis aglaia | - | - | 30 | 11 | 3 | 12 | 3 | 1 | - | - | 13 |
| Argynnis paphia | - | - | - | 1 | 3 | 4 | 2 | 2 | 2 | 4 | - |
| Thecla w-album | - | - | - | 1 | - | - | - | - | - | - | - |
| Thecla betulae | - | - | - | - | 1 | 1 | - | - | - | - | - |
| Chrysophanus phlaeas | - | - | - | 1 | - | - | 1 | - | - | - | 1 |
| Everes argiades | - | - | - | - | 8 | 5 | - | - | - | - | 2 |
| Lycaena icarus | 74 | 125 | 296 | 46 | 109 | 50 | 36 | 30 | 22 | 13 | 54 |
| Cyaniris argiolus | - | - | - | 9 | - | - | - | - | - | - | 5 |
| Hesperia malvae | 6 | - | 2 | - | - | - | - | 4 | - | - | - |
| Thanaos tages | - | 1 | 3 | - | 1 | 3 | - | - | - | - | 54 |
| Pamphila palaemon | 3 | - | 43 | 10 | 12 | 22 | 3 | 1 | 4 | 6 | 56 |
| Augiades sylvanus | - | - | - | 3 | 9 | 8 | 4 | 1 | - | 5 | 7 |
| Erynnis comma | - | 13 | 12 | 10 | 40 | 24 | 7 | 40 | 5 | 14 | - |
| Adopaea lineola | - | - | - | - | - | - | - | - | - | - | 1 |

Aus dieser groben Gesamtübersicht lassen sich bereits ohne nähere Analyse verschiedene Befunde erkennen: Sehr ungleiche Häufigkeiten zwischen den einzelnen Arten und in den verschiedenen Jahren.

Diese Unterschiede, die nachfolgend näher ausgeführt werden sollen, beruhen nicht auf unterschiedlichen Kontrollfrequenzen, da diese über die einzelnen Jahre hinweg praktisch unverändert geblieben sind ($8 \pm 1.6$ Kontrollen/Monat).

Abbildung 1 zeigt die Faltersummen für die einzelnen Jahre. Die erfaßten Gesamtbestände pro Jahr schwanken stärker als zufallsbedingt, obwohl Massenwanderungen von Kohlweißlingen und Admiral ausgeklammert sind. Das Mittel der 11 Jahre beläuft sich auf 931 Schmetterlinge bei einer Standardabweichung von 360. Die Varianz (Quadrat der Standardabweichung) ist also viel größer als das Mittel. Ein Trend läßt sich nicht ableiten: Der Korrelationskoeffizient $r = 0.1$ zeigt weder Zu- noch Abnahmen an.

Damit ließe sich die Hauptfrage bereits scheinbar klar beantworten: Die Tagfalterbestände nehmen (im Untersuchungsgebiet) nicht ab. In der groben Gesamtbilanz trifft diese Feststellung auch zu. Doch wie bedeutsam sie ist, wird noch anhand der detaillierten Analysen zu untersuchen sein.

Da in dieser Bilanz alle Arten, gleich ob häufige oder seltene, eingeschlossen sind, muß zunächst geklärt werden, wie die *Häufigkeitsstruktur* aussieht. Abbildung 2 zeigt sie. Bei der Auswertung von 8867 Faltern aus 43 Arten ergibt sich eine recht steile Art der Verteilung mit einigen wenigen Arten, die häufig bis sehr häufig sind, und zahlreichen

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

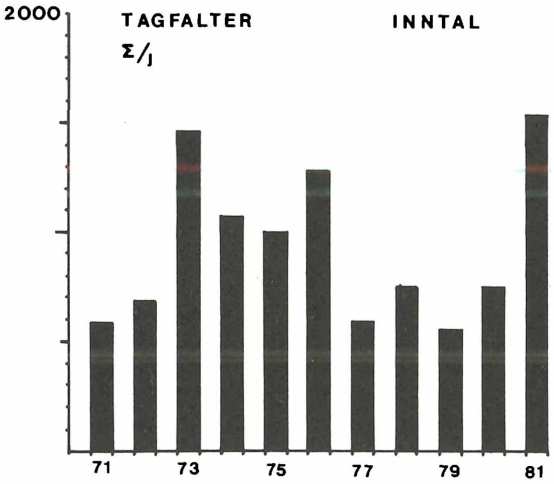


**Abbildung 1**

**Jahressummen registrierter Tagfalter** auf den Kontrollstrecken im niederbayerischen Inntal von 1971 bis 1981. Number of butterflies counted on the line transects in the Lower Bavarian valley of the river Inn in the years of 1971 to 1981.

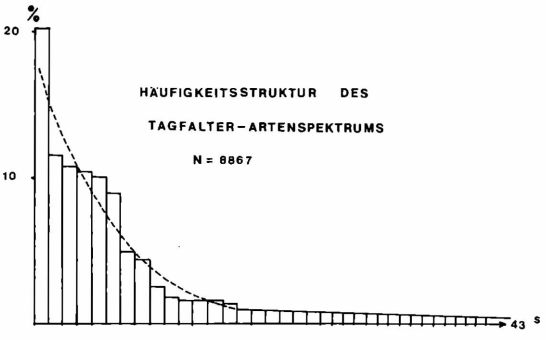


**Abbildung 2**

**Prozentuale Häufigkeit der Tagfalter-Arten** nach Auswertung von 8867 Individuen aus 43 Arten.
Per cent abundance of butterfly species from a total of 8867 counted specimens representing 43 species (abundance-structure).

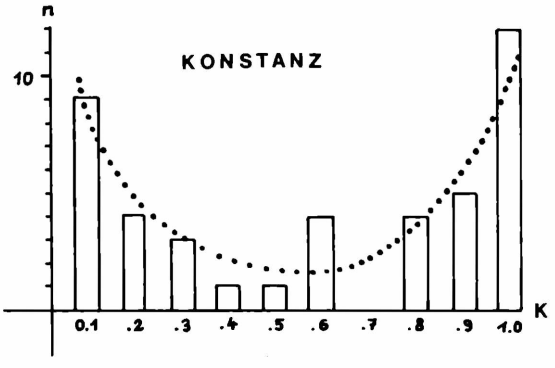


**Abbildung 3**

**Konstanz des Auftretens der Tagfalter-Arten** im Untersuchungsgebiet im Zeitraum von 10 Jahren. Werte: Konstanz 0.1 = 1 x in 10 Jahren registriert; 0.8 = 8 x in 10 Jahren. Constancy of occurrence of butterfly species in the study area based on a time span of 10 years. n = number of species in 1 (0.1), 2 (0.2) . . . 10 (1.0) of the 10 years' study period.

weiteren, die nur in sehr geringen Häufigkeiten auftreten. Die fünf häufigsten Arten sind Kleiner Kohlweißling (20.2%), Großer Kohlweißling (11.7%), Tagpfauenauge (10.9%), *Aphantopus hyperanthus* (10.5%) und Kleiner Fuchs (10.2%). 29 Arten traten mit weniger als 1%-Häufigkeitsanteil auf. Für eine Trendbeurteilung erscheint es daher angebracht, zumindest die beiden sehr häufigen Kohlweißlingsarten auszuklammern, um eine allzu starke Überlappung mit deren Bestandsschwankungen zu verhindern. Sonst wird möglicherweise die Entwicklung bei diesen beiden Kulturfolgern trendbestimmend.

Andererseits zeigt bereits Tabelle 1, daß ein nicht geringer Anteil im Artenspektrum über die Jahre hinweg nur ganz unregelmäßig in Erscheinung tritt. Abbildung 3 drückt dies in Form der »Konstanz« aus. Darin ist dargestellt, wieviele Arten jeweils nur in einem, in zwei, drei, etc. Jahren registriert worden sind. Auf 10 Jahre bezogen bedeutet Konstanz 1,0 also »festgestellt in allen Jahren«, 0,3 hingegen »nur in drei von zehn Jahren festgestellt«. Interessanterweise verteilt sich die Konstanz des Auftretens der einzelnen Tagfalterarten nicht zufällig oder gleichmäßig über das Artenspektrum, sondern hyperbolisch. Ein größerer Anteil von Arten erscheint demnach entweder recht unregelmäßig (geringe Konstanz) oder sehr regelmäßig (hohe Konstanz); oder - anders ausgedrückt - die Arten sind entweder überwiegend ganz unregelmäßig oder recht regelmäßig vorhanden. Das dürfte dauerhaften oder ephemeren Ansiedlungen entsprechen.

Die Folge davon ist, daß die Artenzahlen pro Jahr zwar recht konstant bleiben (Mittel 26 Arten ± 4.7; Varianz $s^2 = 22$; $s^2 \approx \bar{x}$) und keinen Trend aufweisen, aber einen außerordentlich hohen Artenumsatz (turnover) beinhalten, der im Mittel 36% beträgt. Diese Befunde sind in Abbildung 4 und 5 zusammengestellt. »Stabilität« paart sich hier also mit starker »Dynamik«; ein Befund, der ebenfalls noch weiter diskutiert werden muß. Denn er besagt ganz klar, wie problematisch kurzfristige Artenbestandsaufnahmen von nur ein bis zwei Jahren sind.

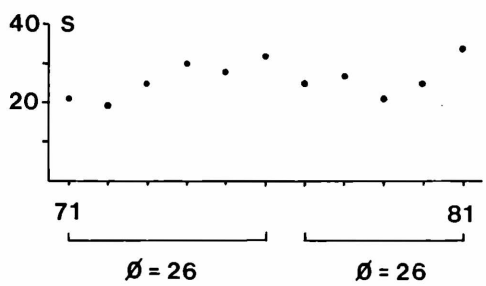


**Abbildung 4**

**Zahl der Arten (S)** in den einzelnen Untersuchungsjahren 1971 bis 1981.
Number of species (S) recorded per year of the study period.

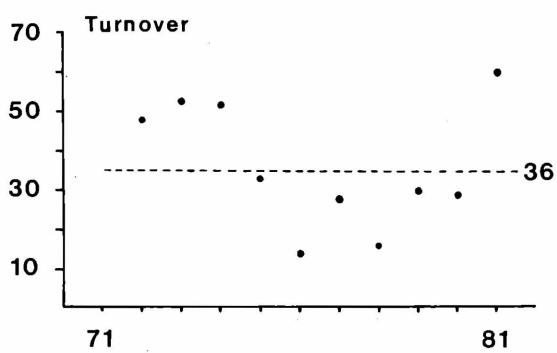


**Abbildung 5**

**Prozentualer Artenumsatz (turnover) von Jahr zu Jahr.**
Species turnover in per cent per year (average = 36%).

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Die Artenzahlen jedenfalls zeigen ähnlich wie die Gesamthäufigkeiten über die Untersuchungszeitspanne keine gerichtete Veränderungstendenz, obwohl der größte Sprung von einem Jahr zum anderen 9 Arten Zunahme ausmacht (1980 auf 1981). Dem steht ein ähnlich starker Rückgang um 7 Arten von 1976 auf 1977 gegenüber. Aber in beiden Fällen handelt es sich um das Aufeinandertreffen von überdurchschnittlich günstigen bzw. ungünstigen Sommerwitterungsverhältnissen.

### 5.2 Teststreckenzählungen

Für die Trendbeurteilung und für die Unterscheidung der Verhältnisse in den verschiedenen Biotoptypen ist es notwendig, vorab zu klären, inwieweit die gewählte Streckenlänge die Antreffwahrscheinlichkeit der Arten beeinflußt. Oder, anders gefragt, sind kurze Teststrecken von weniger als 1 km Länge weniger repräsentativ als lange von 1 bis 5 km? Abbildung 6 zeigt, daß überraschenderweise keine Abhängigkeit zwischen der Teststrekkenlänge (Taxierungslänge) und der festgestellten Artenzahl besteht. Damit ist es zulässig, die falterarmen Gebiete der offenen Fluren mit den falterreichen Dämmen zu vergleichen bzw. vergleichbar zu machen. Und die an hinreichend umfangreichem Datenmaterial gewonnenen Befunde der Linientaxierung an den Dämmen lassen sich präziser für die Trendanalyse auswerten, wenn die über den Feldern und Fluren zeitweise in größeren Schwärmen auftretenden Kohlweißlinge vom Gesamtmaterial abgetrennt werden.

### 5.3 Verteilung der Falter über die Lebensraum-Typen

In den verschiedenen Lebensräumen sind die Tagfalter erwartungsgemäß recht unterschiedlich häufig anzutreffen. Abbildung 7 wurde so gegliedert, daß sie gewissermaßen einen räumlichen Querschnitt durch das Tal des unteren Inn darstellt. Von den Wäldern der Randhügel und dem Fichtenforst über die offenen, landwirtschaftlich genutzten Fluren, in die die Dörfer eingebettet sind, geht die Untersuchung hin zum Auwald, zu den Dämmen der Stauseen und endet auf den Inseln (vgl. Untersuchungsgebiet). Die Tagfalter-Häufigkeit (N) bleibt im gesamten Vorfeld der Stauseen gering, steigt aber im Auwald stark an und erreicht mit

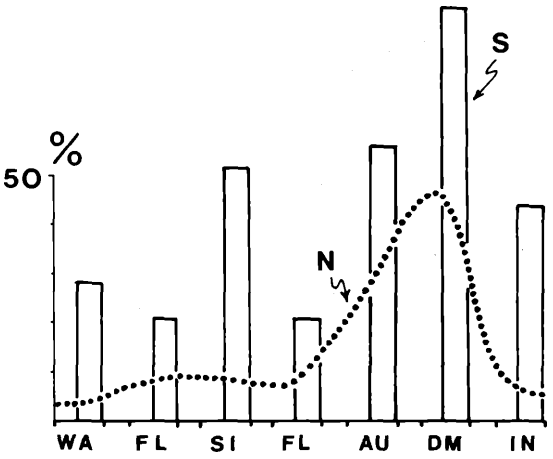


**Abbildung 7**

**Biotopverteilung der Tagfalter-Artenzahlen (S) und ihrer Häufigkeit (N) in Prozentanteilen.**
WA = Wald (Fichtenforste); FL = offene, landwirtschaftlich genutzte Fluren; SI = Siedlungen (Gärten); Au = Auwald; DM = Dämme; IN = Inseln.
Habitat distribution (in per cent) of butterfly species numbers (S) and abundance (N); habitat categories: WA = Coniferous forests (Spruce); FL = open fields (intensive agriculture); SI = villages (gardens); AU = Riverine Forest (deciduous); DM = fallow meadows on the dams of the river impoundments (xerothermic conditions); IN = overgrown islands in the river impoundments.

Abstand die höchsten Werte an den *xerothermen Magerrasen der Inndämme.* Auch bezüglich der Artenzahl (S) ragen die Dämme deutlich hervor, jedoch nicht annähernd so stark, wie bei der Häufigkeit. Hier ziehen die Dorfgärten bereits mit dem Artenspektrum des Auwaldes gleich, während die Fluren auch bezüglich der Artenzahlen am schlechtesten abschneiden.
Artenreichtum und Falterhäufigkeit sind also ganz klar biotopabhängig; das war bekannt, aber nicht in dem Maße quantifiziert, daß man das Ausmaß der Unterschiede hätte angeben können. Auch dieser Befund wird noch, insbesondere auch in seiner Konsequenz für den Artenschutz bei Schmetterlingen, zu diskutieren sein.

### 5.4 Häufigkeitsveränderungen

Die bisherigen Befunde bieten ein weitgehend statisches Bild, gemittelt aus den Verhältnissen in den

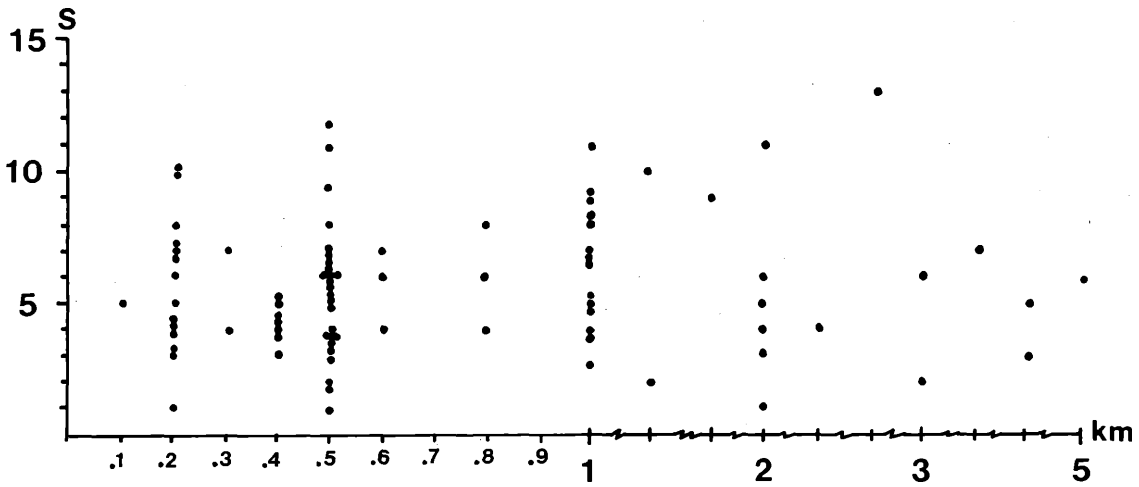


**Abbildung 6**

**Artenzahl (S) und Streckenlänge der Zählstrecken (in km).** Es zeigt sich keine Abhängigkeit.
Number of species (S) in relation to the length of the line transect. No dependence could be observed.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

einzelnen Jahren und ohne Berücksichtigung von biotopabhängigen Veränderungen. Manche Entwicklung wurde dadurch möglicherweise verschleiert.
Deshalb werden in diesem zweiten Analyseschritt die Veränderungen über die Zeit und in Abhängigkeit von den Lebensraum-Typen näher behandelt.

### 5.4.1 Veränderung des Gesamtbestandes

Der Gesamtbestand (Abbildung 1) unterlag während der Zeitspanne der Untersuchung offenbar keinem gerichteten Trend. Das ändert sich jedoch, wenn man, wie bereits angedeutet (5.1), die Kohlweißlinge aus dem Datenmaterial ausklammert. Die dadurch entstehende Jahresbilanz (Abbildung 8) ergibt nun in der Tat einen Abnahmetrend, wenn man das Mitteljahr 1976 als Masterjahr nimmt und die fünf Jahre davor den fünf darauffolgenden gegenüberstellt. Die Schmetterlingshäufigkeit hat demnach in der zweiten Fünfjahresperiode trotz des guten Jahres 1981 deutlich abgenommen. Der Rückgang läßt sich auf rund ein Drittel kalkulieren.

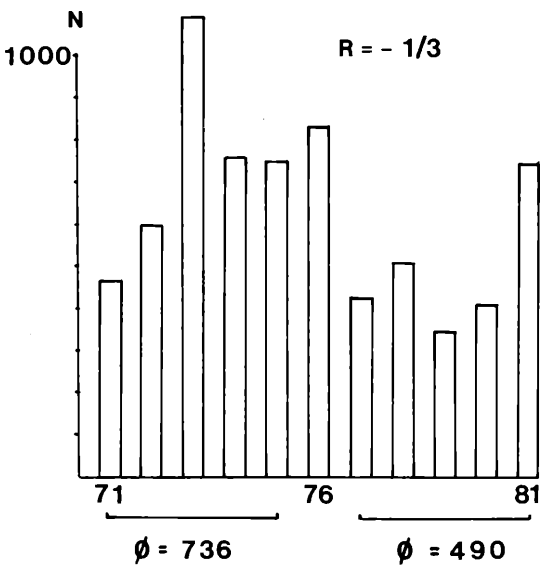


**Abbildung 8**

**Häufigkeitsverhältnisse der Tagfalter nach Abzug der Weißlinge.**
Abundance of butterflies, the Whites *(Pieris spec.)* excluded. R = decrease by one third.

Noch erheblich deutlicher wird diese Abnahme der Falterhäufigkeit, wenn man einen streng teststrekkenbezogenen und nach Monaten (der Hauptflugzeit Juni - August) aufgegliederten Vergleich durchführt (Abbildung 9). Der Rückgang macht dann sogar fast zwei Drittel (65 %) aus. Das extrem schlechte Jahr 1977 wurde dabei ausgeklammert, weil hier die genauen Teststrecken-Zählungen nicht den ganz gleichen Umfang einnahmen, wie in den anderen Jahren. Dies gilt auch für 1971 und für das sehr günstige Jahr 1976 mit überdurchschnittlicher Kontrollaktivität durch die Mitarbeit von Herrn M. SAYER.
Bei dieser ganz strengen Beschränkung auf direkte Vergleichbarkeit und Angabe von Falterzahlen pro Kilometer wird somit ein nach den Befunden aus der Gesamtbilanz unerwartet massiver Rückgang deutlich. Weshalb er sich in der Gesamtbilanz nicht durchzusetzen vermochte, muß nun näher unter-

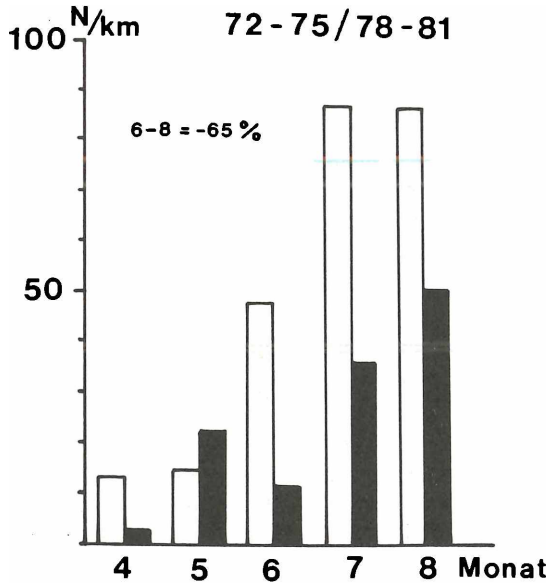


**Abbildung 9**

**Änderungen der Häufigkeit** auf den festen Teststrecken in den Perioden 1972-75 und 1978-81 in Anzahlen/Kilometer und aufgeschlüsselt nach den Monaten April (4) bis August (8). Schwarze Säulen = 2. Periode. Rückgang Juni/Juli/August um 65 %.
Changes in the abundance of butterflies on fixed transect counts for the periods of 1972-75 (open bars) and 1978 to 81 (black bars) on a monthly basis (4 = April . . . 8 = August). Values in butterflies per kilometre. The decrease for the months of June to August was 65 per cent.

sucht werden, da es wohl kaum allein an den Kohlweißlingen liegen kann.

### 5.4.2 Lebensraumbezogene Veränderungen

Für die ersten Untersuchungsjahre liegt bereits eine Bilanzierung nach Typen von Lebensräumen vor (REICHHOLF 1973), in welcher die dominierende Funktion der landwirtschaftlich nicht genutzten Dämme als Refugium für Tagfalter festgestellt worden war.
Diese herausragende Stellung nehmen sie auch heute noch ein, wenngleich nicht mehr in diesem Ausmaß wie zu Beginn der 70er Jahre, wenn man die Abbildung 7 mit der genannten Publikation vergleicht. Wie stark die Veränderungen sind, die sich seither vollzogen haben, geht nun aus Abbildung 10 hervor. Während alle anderen Lebensraum-Typen im niederbayerischen Inntal eine mehr oder weniger deutliche Zunahme der Tagfalterhäufigkeit verzeichnen, nahmen die Bestände an den Dämmen ganz drastisch ab und sanken im mehrjährigen Mittel auf die Hälfte des Ausgangsbestandes zu Beginn der 70er Jahre. Die übrigen Lebensräume verzeichnen Zunahmen um den Faktor 1,6, und die Steigerung fiel in den Dörfern mit einer Verdopplung (Faktor 2,0) am stärksten aus.
Jetzt ist klar, weshalb der in Abbildung 8 und 9 dokumentierte Rückgang in Abbildung 1 nicht zum Tragen kam: Nicht nur die Kohlweißlingshäufigkeit trug hierzu bei, sondern insbesondere die massive Zunahme in den Dörfern und im übrigen Kulturland war es, die den rückläufigen Trend verdeckte und in der Bilanz ausglich. Besonders deutlich wird dieser Befund, wenn man die Veränderung in den Linientaxierungen an den Dämmen isoliert betrachtet (Tabelle 2). Der Rückgang der Häufigkeit beträgt 65 % und im Durchschnitt ging eine Art ver-

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

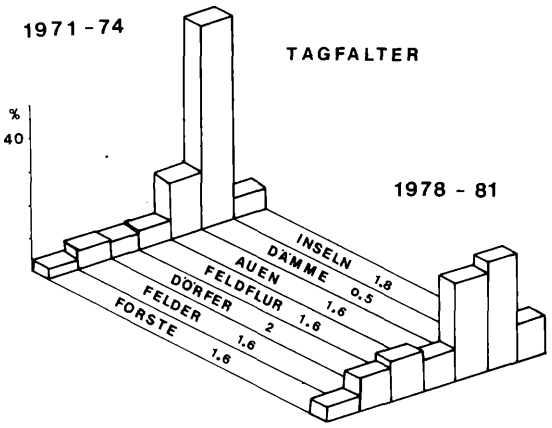


**Abbildung 10**

**Veränderung der Tagfalter-Häufigkeit von 1971 - 74 auf 1978 - 81 in den verschiedenen Lebensraum-Typen (Änderungsfaktor).**
Change in the percentage distribution of butterflies from the first study years (1971 - 74) to the last (1978 - 81) shown for the major habitat types. Factor of change is given. Habitat sequence from left to right in the same order as in fig. 7.

**Tabelle 2**

**Änderungen in den Ergebnissen der Linientaxierungen (Dämme)**
Changes in the results of line transect counts (dams)
n = Artenzahl (species), N = Individuen (numbers)

| | 1972 - 75 | 1978 - 81 | |
|---|---|---|---|
| ⌀ n | 6,07 | 5,31 | = - 1 Art |
| $\frac{\varnothing N}{km}$ | 78,3 * | 27,5 * | = - 65 % |

* = Juni/Juli/August

loren. Hier vollzog sich also die einschneidende Wende zum Bestandsrückgang, und nicht draußen im Kulturland. Was die hohe interne Dynamik verdeckte, wird durch die genauere Analyse nun offensichtlich: Es existieren zwei gegenläufige Trends, die sich insgesamt aufheben. Weder die Betrachtung des Kulturlandes allein, noch die isolierte Bewertung der falterreichen Dämme würde somit ein zutreffendes Bild der Entwicklung im gesamten Raum geben. Damit wird der dritte Analysenschritt unumgänglich: die Reaktion der Arten selbst.

### 5.5 Die Reaktion der Arten

Die hier erfaßten Arten aus der Gruppe der Tagfalter setzen sich aus ganz unterschiedlichen Anpassungstypen zusammen. Ihre Reaktionen und Bestandsveränderungen müssen daher keineswegs gleichsinnig verlaufen, wenn sich die Umweltbedingungen ändern, auch wenn eine allgemeine Abhängigkeit von den Witterungsbedingungen durchaus zu erwarten ist. So sollten günstige Sommer zwar deutlich mehr Falter erwarten lassen, als ungünstige. Aber wie stark sich günstige bzw. ungünstige Witterungsverhältnisse auswirken können, hängt auch davon ab, in welchem Zustand sich die örtlichen Populationen der verschiedenen Arten befinden. Das Auf und Ab der Tagfalter muß daher auf Artniveau betrachtet werden.
Tabelle 1 enthält die allgemeine Übersicht über die Bestandsentwicklung. Aus ihr lassen sich verschiedene Anpassungstypen herausnehmen und gesondert betrachten. Es wurde bereits darauf hingewiesen, daß die ausgeglichene Bilanz der Falter über den 11-jährigen Untersuchungszeitraum wahrscheinlich eine Folge gegenläufiger Trends darstellt. Im Kulturland nahm die Häufigkeit der Kohlweißlinge (*Pieris*-Arten) zu und überdeckte daher den Abnahmetrend der Falter an den Dämmen. Dies belegt Tabelle 3. Die Kohlweißlingshäufigkeit nahm in der zweiten Hälfte der Untersuchungsjahre um gut die Hälfte zu (+ 51 %), und der allgemeine Trend der Kohlweißlinge ist signifikant ansteigend.

**Tabelle 3**

**Häufigkeitsveränderung bei den Kohlweißlingen** *Pieris spec.*
Changes in the abundance of Cabbage Whites *Pieris spec.*

| Jahr | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl | 120 | 76 | 373 | 312 | 247 | 445 |
| Jahr | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 | |
| Anzahl | 160 | 236 | 204 | 329 | 786 | |

⌀ 1971 - 75 = 226 ⌀ 1977 - 81 = 343
$\bar{x} = 299 \pm 195$
r = 0.69 * Zunahmetrend signifikant

Die ausgeprägten Wanderfalter, wie Admiral und Distelfalter, hingegen beeinflussen die Trendentwicklung nicht (Tabelle 5). Ihre Häufigkeitsschwankungen sind unabhängig sowohl von der allgemeinen Falterhäufigkeit (»günstige Flugjahre«, wie 1976 und 1981), als auch von der Bestandsentwicklung ihrer nahe verwandten, ebenfalls an Brennesseln lebenden und nicht wandernden (oder nur in vergleichsweise geringem Umfang ziehenden) Tagpfauenaugen und Kleinen Füchsen (Abbildung 11). Diese auffälligen Arten der »Edelfalter« (Nymphalidae) sind also nicht die Ursache für den Anstieg der Falterhäufigkeiten im Siedlungsbereich. Hier reagierte das gesamte Falterspektrum mehr oder minder einheitlich mit Zunahmen, was sich auch als Trend angedeutet bei den seltenen Arten (Tabelle 4) der Auen abzeichnet (Zunahme von 71 Ex. 1971 - 75 auf 111 von 1977 - 81, bei insgesamt deutlichem Hervortreten der guten Flugjahre 1976 und 1981). Die Auwald-Arten haben sicher nicht abge-

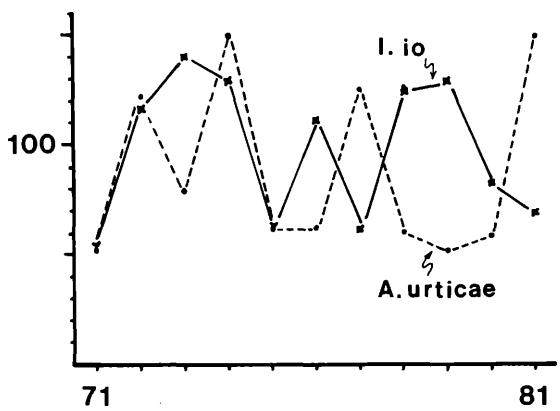


**Abbildung 11**

**Bestandsveränderungen bei Tagpfauenauge** *(Inachis io)* **und Kleinem Fuchs** *(Aglais urticae)* **von 1971 bis 1981.**
Changes in the abundance of the Peacock butterfly *(Inachis io)* and the Small Tortoiseshell *(Aglais urticae)* for the years of 1971 to 1981.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

**Tabelle 4**

**Häufigkeitsveränderungen bei seltenen Arten.**
Changes in abundance in rare species.

| Art | 1971 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Papilio machaon | 6 | 7 | - | 1 | 3 | 7 | 1 | 3 | 3 | 2 | 5 |
| Apatura iris | 7 | - | 1 | 6 | 7 | 26 | 4 | 8 | 8 | 7 | 19 |
| Apatura ilia | 1 | - | - | 3 | - | 6 | - | 2 | - | 2 | 11 |
| Limenitis camilla | 3 | 1 | 7 | 9 | 5 | 19 | 5 | 2 | 10 | 7 | 6 |
| Vanessa antiopa | - | 1 | - | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| Summe | 17 | 9 | 8 | 20 | 17 | 59 | 12 | 16 | 22 | 19 | 42 |

**Tabelle 5**

**Anteil der Fernzieher Distelfalter und Admiral.**
Numbers of long-distance migrating Painted Ladies and Red Admirals.

| Art | 1971 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Pyrameis cardui | - | 1 | 3 | - | 10 | 4 | 7 | 2 | 4 | 7 | 9 |
| Vanessa atalanta | 1 | 14 | 4 | 4 | 69 | 12 | 32 | 2 | 16 | 5 | 10 |

**Tabelle 6**

**Häufigkeitsveränderungen beim Aurorafalter.**
Changes in abundance in the Orange-tip *Anthocharis cardamines.*

| Jahr | 1971 | 1972 | 1973 | 1974 | 1975 | 1976 | 1977 | 1978 | 1979 | 1980 | 1981 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Anzahl | 17 | 7 | 15 | 22 | 15 | 9 | 10 | 20 | 6 | 18 | 16 |

$\emptyset = 14$; $r = 0.016$ n.s. Kein Bestandstrend

nommen; ihre Zunahme entspricht hingegen genau dem Steigerungsfaktor von 1,6 aus Abbildung 10. Eine sehr unruhige Bestandsentwicklung mit einem ausgeprägten Maximum 1976 zeigt das Landkärtchen *Araschnia levana;* eine Art, die insbesondere auch auf den Inseln und an den Rändern der Auwälder vorkommt (Abbildung 12). Das mit aufgenommene Weiße C *Polygonia c-album* nimmt möglicherweise zu, doch reichen die Daten zur Absicherung des Trends noch nicht aus.
Interessant ist der Verlauf der Häufigkeit des Zitronenfalters (Abbildung 13). Bei insgesamt leicht steigender Tendenz hängt die Häufigkeit des Falters möglicherweise mit kühler Sommerwitterung zusammen. Denn die Häufigkeit von Sichtfeststellungen lag in kühlen Sommern (K) doppelt so hoch wie in warmen (W); vgl. Abbildung 13.

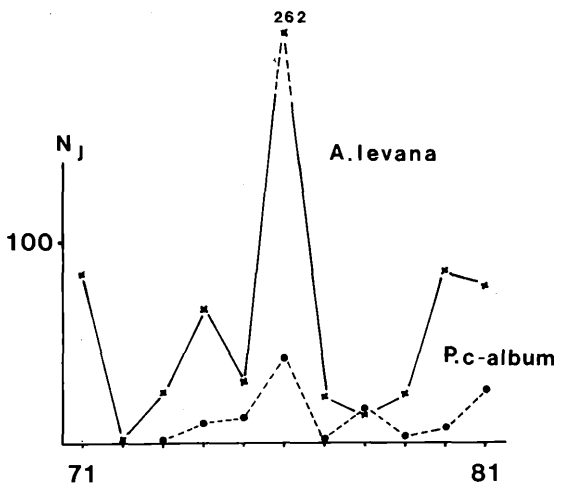


**Abbildung 12**

**Bestandsveränderungen beim Landkärtchen** *(Araschnia levana)* **und beim Weißen C** *(Polygonia c-album).*
Changes in the abundance of *Araschnia levana* and *Polygonia c-album.*

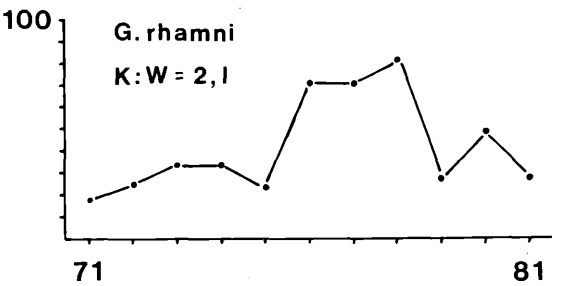


**Abbildung 13**

**Häufigkeitsschwankung beim Zitronenfalter** *(Gonepteryx rhamni)* mit Verhältnis der Häufigkeit zwischen kühlen (K) und warmen (W) Sommern.
Changes in the abundance of the Brimstone *(Gonepteryx rhamni)* with the relation between cold (K) and warm (W) summers.

Ohne Trend und mit insgesamt recht geringen Häufigkeitsschwankungen gestaltete sich die Bestandsentwicklung des Aurorafalters (Tabelle 6). Diese Art leitet über zu einer Gruppe, die insgesamt in mehr oder minder starkem Maße rückläufige Tendenzen zeigt:
Die Bläulinge (Lycaenidae) nahmen kräftig ab; ihre Häufigkeit sank von durchschnittlich 133 Ex./Jahr der ersten 5-Jahres-Periode auf 32 Ex./Jahr in der zweiten (1977 - 81). Das ist nur noch rund ein Viertel! Ähnlich massiv war der Rückgang bei *Aphantopus hyperanthus* auf 20 % des früheren Wertes. Genauso starke Einbußen verzeichneten die Bestände des Schachbretts (Rückgang um 80 %). Es sind dies typische Arten der warmen, sonnenexponierten Mager- und Trockrasen an den Dämmen; also gerade jenes Lebensraumes, der keiner landwirtschaftlichen Nutzung unterworfen ist.

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

### 5.6 Tagfalter als Bioindikatoren?

Die nähere Untersuchung der Reaktionen des Artenspektrums zeigte, daß die verschiedenen Arten in unterschiedlicher, aber nicht regelloser Weise reagierten. Vielmehr ist festzuhalten, daß die euryöken Arten, die nicht an spezielle Lebensräume gebunden sind, kaum Tendenzen zu gerichteten Bestandsveränderungen zeigten (Tagpfauenauge, Kleiner Fuchs), oder stark schwankten (C-Falter, Landkärtchen), ohne daß sich diese Schwankungen mit irgendwelchen Trends in den Lebensbedingungen auf eine einfache, offensichtliche Weise in Verbindung bringen ließen.
Kulturland»spezialisten«, wie die Weißlinge, hingegen zeigten trotz starker Fluktuationen Zunahmetendenz. Stabil wie ihr Lebensraum blieben die »Auwaldarten« (Tabelle 1 und Tabelle 4).
Auffällige Veränderungen mit unzweifelhaft abnehmender Tendenz ergaben sich bei den Arten der Dämme. Sie lassen sich am ehesten als Bioindikatoren verwenden, weil sie längerfristig wirksame Veränderungen anzeigen, die nicht offensichtlich sind und die sich beim bloßen Betrachten dieser Mager- und Trockenrasenflächen nicht einfach erkennen lassen.
Organismen sind als Bioindikatoren - streng genommen - nämlich nur dann nicht nur brauchbar, sondern eine wirkliche Hilfe, wenn sie Veränderungen anzeigen, die ohne die Betrachtung der Bioindikatoren nicht offensichtlich sind oder unerkannt bleiben würden.
Die Tagfalter an den Inndämmen erfüllen dieses Kriterium. Ihre abnehmende Häufigkeit weist auf Veränderungen in ihrem Lebensraum hin, die sich anderweitig (noch) nicht zeigen. Die einzelnen Arten reagieren unterschiedlich empfindlich. Die in Abbildung 14 zusammengestellten Befunde drükken diese Unterschiedlichkeit quantitativ aus: *Coenonympha pamphilus* reagierte deutlich, aber schwächer als etwa *Polyommatus (Lycaena) icarus, Aphantopus hyperanthus* oder das Schachbrett *Melanargia galathea.* Dieses Schema kann versuchsweise als Methode für das Herausschälen der geeignetsten Art gewertet werden, die unter den gegebenen Rahmenbedingungen am besten reagiert. Hier scheint dies das Schachbrett zu sein; dicht gefolgt von *Aphantopus hyperanthus.* Solche Schlüsselarten zeigen dann relativ präzise Veränderungen in ihrem Lebensraum an, ohne daß die Ursachen zunächst klar sind oder sein müßten.
Im Falle der Tagfalter der Inndämme ist die Ursache für den Rückgang in der Tat noch unsicher. Aber der »biologische Hinweis« durch die Bioindikatoren Tagfalter ist gegeben. So kann gezielt nach den Ursachen für ihren Rückgang geforscht werden.

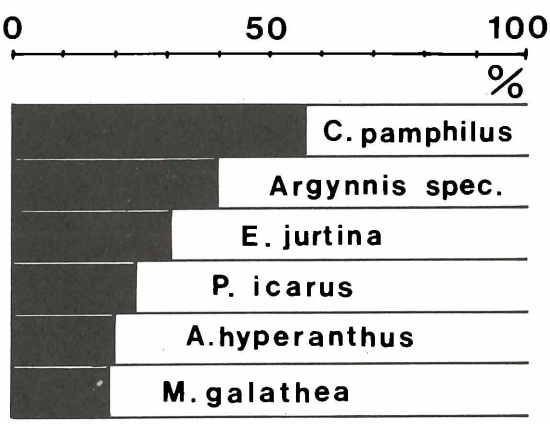


**Abbildung 14**

**Rückgang der Häufigkeit von Faltern der Dämme, bezogen auf den Beginn der Untersuchungen Anfang der 70er Jahre.** Die stark reagierenden Arten *M. galathea, Aphantopus hyperanthus* und *Polyommatus icarus* werden zu Bioindikatoren für die zunächst nicht sichtbaren Umweltveränderungen.
Decrease in abundance of several species in the habitat of the dams. Percentage based on the first study years in the beginning seventies. The highly »reactive« species *Melanargia galathea, Aphantopus hyperanthus,* and *Polyommatus icarus* may be used as biological indicators for the still invisible change in environmental conditions (eutrophications via airborne nitrogen).

## 6. Diskussion

Der Rückgang der Schmetterlinge wird vielerorts beklagt und als Symbol für eine fortschreitende Umweltverschlechterung angesehen. Sicher müssen die Schmetterlinge (derzeit) nicht aussterben, wie EBERT (1981) fragt. Andererseits mangelt es an Untersuchungen, die unsere derzeitige Entwicklung in einen Rahmen stellen können, der langfristige, vielleicht großklimatisch verursachte Verschiebungen (CHAPPUIS 1942, WARNECKE 1961, VOLKART 1979, z. B.) von den regionalen Trends klar unterscheidet, die durch mittelbare oder unmittelbare menschliche Einwirkungen verursacht sind. Denn nur gegen letztere können gegebenenfalls Naturschutzstrategien entwickelt werden. Die Untersuchungen von MEINEKE (1978 und 1981) und ULRICH (1982) gehen in diese Richtung. Sie zeigen methodische Möglichkeiten auf, die Falter als Indikatoren zu nutzen und aufgrund ihres Anzeigeverhaltens Schutzstrategien zu entwickeln (GEPP 1981).
Wie solche Schutzstrategien aussehen können, geht aus den sehr detaillierten Studien und Überlegungen von BLAB & KUDRNA (1982) hervor.
Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, für einen überschaubaren, nach weit verbreiteten Lebensraum-Typen gegliederten Raum die Trends und Tendenzen aufzuzeigen, die sich in mittelfristiger Betrachtungsweise von gut einem Jahrzehnt Dauer in der Dynamik der Tagfalterfauna abzeichnen. Dazu sind eingangs Detailfragen gestellt worden, die nun anhand der Ergebnisse kritisch betrachtet werden sollen.
Die erste Frage galt der Häufigkeit der Tagfalter in den verschiedenen Lebensräumen. Sie wurde im Rahmen des ausgewählten Spektrums von Biotop-Typen anhand der relativen Häufigkeiten behandelt (Abbildung 7 und 10). Als wichtigste Befunde daraus lassen sich festhalten: Die Feldflur ist sehr arm an Tagfaltern. Sie »produziert« im wesentlichen noch Kohlweißlinge, und diese mit eher zunehmender Tendenz in den letzten Jahren. Auch die Forste (als Fichtenwälder) bringen nicht viel. Reichhaltig ist der Auwald; wertvoll im Sinne des Artenschutzes sind seine Bestände an Schillerfaltern, Kleinen Eisvögeln und anderen. Aber ebenso bedeutend in puncto Häufigkeit der Tagfalter können die Gärten der Siedlungen sein. Dieser Befund verdient insbesondere für die Naturschutzpraxis einige Beachtung; zeigt er doch, daß die Dorfgärten durchaus ein wichtiges Potential für die Erhaltung heimischer Schmetterlinge besitzen.
Mit weitem Abstand die größte Bedeutung für die

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Tagfalter kommt aber den Mager- und Trockenrasen der landwirtschaftlich nicht genutzten Dämme zu. Dieser Befund dürfte ganz allgemein gelten, denn die blütenreichen Wiesen waren und sind der wichtigste Lebensraum der Tagfalter. Ihr Rückgang trug gewiß am stärksten zur Verarmung bei. Das wurde auch in dieser Untersuchung deutlich. Damit ist auch die zweite Frage gelöst, welche Lebensräume von besonderer Bedeutung für die Falter sind.

Komplexer wurde das Ergebnis zur dritten Frage nach der Gleichsinnigkeit oder Unterschiedlichkeit von Bestandsveränderungen. Es zeigte sich, daß gegenläufige Trends die Gesamtentwicklung verschleiern können. Die witterungsbedingten Einflüsse sind ohne Zweifel vorhanden. Sie konnten in der Reaktion all jener Arten direkt »nachgewiesen« werden, die keine großen Bestandsschwankungen und keine gerichteten Trends aufweisen. Bei diesen Arten fallen die sehr günstigen Jahre 1976 und 1981 klar aus dem Rahmen. Zunahmen bei häufigen Kulturfolgern und Abnahmen bei empfindlicheren Arten hielten sich dann in der Bilanz die Waage. Die Einflüsse auf die Schmetterlingsveränderungen beruhen also sicher nicht nur auf den Gegebenheiten der Witterung. Daß verschiedene Arten unterschiedlich reagieren (Frage 4) wurde belegt und ausgeführt. Daraus ergab sich die Möglichkeit zur Auswahl von Indikator-Arten (Frage 5). Am günstigsten geeignet war hier das Schachbrett, das zudem durch seine hohe Ortsbindung und geringen Flugstrecken geradezu ideal als Indikator wurde.

Somit sollten sich nach der abschließenden Frage die Einzelbefunde zu einer komplexen Trendaussage verbinden lassen.

Diese Trendaussage stellt fest, daß die Tagfalter insgesamt nicht rückläufig sind (1), daß sie im Kulturland, insbesondere im dörflichen Siedlungsgebiet eher zunehmen als abnehmen (2), daß aber diesen »Gewinnen« bei den häufigen Arten erhebliche Bestandsverluste bei den spezialisierteren und empfindlicheren der Trocken- und Magerrasen gegenüberstehen (3), während die laubwaldbewohnenden Arten (Auwaldarten) ziemlich unverändert geblieben sind (4). Zu ähnlichen Ergebnissen kommt POLLARD (1984).

Diese Aussage läßt sich nun anhand der Befunde in den beiden anschließenden Jahren mit ganz extremen Verhältnissen überprüfen: 1982 und 1983 (REICHHOLF 1984).

1982 war im südostbayerischen Raum ein überdurchschnittlich warmes und relativ feuchtes Jahr (»Monsun-Sommer«). Tatsächlich brach es alle Rekorde hinsichtlich der Tagfalter. Der Index aus den Kontrollstrecken ging auf über 2000 hoch und übertraf damit sogar das bislang beste Jahr 1973 um mehr als ein Drittel. Der relative Anstieg war sogar noch erheblich größer, denn es gab keine Kohlweißlings-Massenentwicklung. Aber obwohl der Index für das Schachbrett ebenfalls anstieg, blieb der Wert 1982 unter den Indexwerten anfangs der 70er Jahre, so daß es bei dieser Art nicht zur vollständigen Wiedererholung kam. Ähnliche Verhältnisse ergaben sich bei den anderen Arten der Indikator-Gruppe.

Der wärmste Sommer seit 200 Jahren, 1983, schließlich ließ die Tagfalter-Zahlen sogar wieder absinken. Mit knapp 1200 als Indexwert (vgl. Abbildung 1) rutschte er in den mittleren Bereich – offenbar als Folge der zu großen Hitze und Trockenheit, die fast mediterrane Verhältnisse in Mitteleuropa erzeugt hatten.

Die generellen Befunde blieben also auch unter Berücksichtigung der beiden Extremjahre erhalten. Doch gerade solche Jahre müssen bei kurzfristigen Tagfalter-Untersuchungen besonders kritisch gewertet werden, weil sie einerseits extreme Zunahmen, andererseits (nach solchen besonders günstigen Abschnitten) besonders starke Rückgänge vortäuschen können, die längerfristig betrachtet nicht annähernd so gravierend sind, wie sie zunächst aussehen mögen.

Was führte aber nun zu den Entwicklungen an den so falterreichen Dämmen? Warum gehen dort die Schmetterlinge zurück, während sie in den anderen Lebensraum-Typen des niederbayerischen Inntales zugenommen haben?

Die Ursachen sind nicht bekannt, aber sehr wahrscheinlich liegen sie in der enorm angestiegenen Menge an Stickstoff, die über die Luft eingetragen wird. Nach Angaben verschiedener Quellen, darunter W. ZIELONKOWSKI (1985, mündl. Mitt.) beläuft sich der Stickstoffeintrag über die Luft gegenwärtig auf etwa 26 kg/ha/Jahr (Bayerische Landesanstalt für Bodenkultur). Dieser gewaltige Dünge-Effekt eutrophiert die Magerrasen selbst an solchen Standorten (wie an den Inndämmen), an denen Randeffekte durch Versprühung nicht möglich sind. Denn die Dämme sind auf allen Untersuchungsstrecken durch einen 300 bis 500 m breiten Auwaldgürtel vom landwirtschaftlich genutzten Kulturland einerseits und durch eine 500 - 900 m breite Wasserfläche der Stauseen andererseits völlig abgetrennt. Schutzgürtel dieser Größenordnung reichen daher möglicherweise nicht aus, um die Eutrophierung empfindlicher Lebensräume zu verhindern. Die auf Mager- und Trockenrasen spezialisierten Falterarten reagieren auf diese unbeabsichtigte Düngung offenbar recht empfindlich. Der starke Rückgang der Tagfalterbestände an den Inndämmen würde damit erklärt. Daß diese Erklärung hohe Wahrscheinlichkeit besitzt, geht daraus hervor, daß all jene Arten, die auch an den Dämmen häufig sind, deren Futterpflanzen zur Gruppe der nitrophilen Arten (z. B. Brennesseln) gehören oder deren Raupen an Büschen und Bäumen leben, hier nicht abgenommen haben.

Bei umfangreichen Untersuchungen in subalpinen Regionen der Zentralschweiz kam ERHARDT (1982, 1985) zu einem Ergebnis, das hinsichtlich der Artenzahlen den Befunden aus dem niederbayerischen Inntal bezüglich der Tagfalter-Häufigkeiten recht gut entspricht: Die Artenzahlen nehmen mit zunehmender Nutzungsintensität und Düngung stark ab. Bezogen auf extensiv beweidete Wiesenflächen kommen auf den intensiv genutzten, stark gedüngten Wiesen nur noch etwa 15 % der Tagfalter-Arten vor.

Im niederbayerischen Inntal wurden zwar noch 21 % des Artenspektrums (Abbildung 7) auf den intensiv ackerbaulich genutzten Fluren im Verlauf von 11 Jahren festgestellt, aber rund die Hälfte davon betrifft durchziehende, nicht mehr in diesen Lebensräumen bodenständige Arten, so daß die Artenverarmung recht genau den Befunden von ERHARDT (1982) entspricht.

*Dem Magerrasen kommt somit eine Schlüsselrolle bei der Erhaltung des heimischen Artenspektrums der Tagfalter zu.*

©Bayerische Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

## 7. Zusammenfassung

Tagfalter-Untersuchungen im niederbayerischen Inntal ergaben für den Zeitraum von 1971 bis 1981 keine generelle Abnahme, wie vielfach angenommen wird. Die Gesamtbestände, die durch Sichtfeststellungen nach der Methode der Linientaxierung ermittelt worden sind, schwankten mit der Witterung. Bei genauerer Aufgliederung des Artenspektrums zeigte sich jedoch, daß die an den Trokken- und Magerrasen der Inndämme vorkommenden Arten stark abgenommen haben. Dieser Rückgang wurde kompensiert durch die Zunahme häufiger Arten im Kulturland, insbesondere auch in den Gärten der Siedlungen. Die Auwald-Arten blieben weitgehend unverändert. Einige Arten, darunter das Schachbrett, eignen sich als Bioindikatoren für die Veränderungen, deren Ursache noch nicht sicher bekannt ist, aber im hohen Eintrag von Stickstoff (26 kg/ha/Jahr) aus der Luft vermutet wird. Insgesamt erwies sich die Tagfalterfauna als hochgradig dynamisch. Kurzfristige Untersuchungen können wohl kaum ein zutreffendes Bild der Entwicklung vermitteln.


### Summary

Butterflies: Biological Indicators for Environmental Changes

No overall decrease of butterfly populations took place in the decade from 1971 to 1981 in the Lower Bavarian valley of the river Inn, contrary to prevailing assumptions. Population dynamics was followed by means of line transect counts. Weather conditions highly influenced the abundance. But a closer view revealed that there were several trends obscured by the general pattern. Species which live on sunny meadows low in nutrient supply in fact decreased markedly, but this trend was counterbalanced by the rising of abundance in the areas of agricultural land and village gardens. There was no change in the species of the riverine woodland. Some species, e. g. *Melanargia galathea*, indicated the change in the meadows, which cover the dams of the river impoundments, very clearly. They can be used as biological indicators. The reason of the decrease is uncertain, but quite likely it was triggered by the very high input of airborne nitrogen (26 kg/hectare/yr). The butterfly fauna was highly dynamic with great changes from year to year. Short-term studies may not provide an appropriate picture of the development.


## 8. Literaturverzeichnis


BLAB, J. & KUDRNA, O. (1982):
Hilfsprogramm für Schmetterlinge; Kilda-Verlag, Greven; 135 pp.

CHAPPUIS, U. v. (1942):
Veränderungen der Großschmetterlingswelt der Provinz Brandenburg bis zum Jahre 1938. - Dt. Ent. Z. Jg. 1942: 138-214.

EBERT, G. (1981):
Müssen Schmetterlinge aussterben? - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württemberg 21: 7-13.

ERHARDT, A. (1982):
Lepidopterafauna in cultivated and abandoned grassland in the subalpine region of Central Switzerland; Proc. 3rd Congr. eur. Lepid.; Cambridge: 63-73.

—— (1985):
Diurnal lepidoptera: sensitive indicators of cultivated and abandoned grassland. - J. appl. Ecol. 22: 849-861.

GEPP, J. (1981):
Lepidopteren als Indikatorgruppe im Rahmen der Biotopkartierung Steiermark. Erste Erläuterungen. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württemberg 21: 145-149.

MEINEKE, J. U. (1978):
Die Tagfalter des Federseebeckens im württembergischen Oberland (Rhopalocera und Hesperiidae). Eine faunistisch-ökologische Bestandsaufnahme. - Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württemberg 47/48: 351-392.

—— (1981):
Zeitliche und räumliche Differenzierung von Lepidopteren in Moorkomplexen des Alpenvorlandes. - Beih. Veröff. Naturschutz Landschaftspfl. Bad.-Württemberg 21: 133-144.

POLLARD, E. (1984):
Fluctuations in the abundance of butterflies, 1976-82. - Ecol. Ent. 9: 179-188.

REICHHOLF, J. (1973):
Die Bedeutung nicht bewirtschafteter Wiesen für unsere Tagfalter. - Natur u. Landschaft 48: 80-81.

—— (1981):
Verrostendes Wasser. - Nationalpark 31: 41-43.

—— (1984):
Schmetterlinge beobachten; BLV-Verlag, München; 191 pp.

REICHHOLF, J. & REICHHOLF-RIEHM, H. (1982):
Die Stauseen am unteren Inn - Ergebnisse einer Ökosystemstudie. - Ber. ANL 6: 47-89.

REMMERT, H. (1978):
Forschungsziel und Forschungsmethodik. - Anz. orn. Ges. Bayern 17: 1-7.

ULRICH, R. (1982):
Vergleich von bewirtschafteten Wiesen und Brachen hinsichtlich des Wertes für unsere Tagfalter. - Natur u. Landschaft 57: 378-382.

VOLKART, H. D. (1979):
Rückgang der Schmetterlingsfauna in der Umgebung von Bern; Verh. VII. Int. Symp. Entomofaunistik in Mitteleuropa (Leningrad): 283-286.

WARNECKE, G. (1961):
Rezente Arealvergrößerungen bei Makrolepidopteren in Mittel- und Nordeuropa. - Bonn. Zool. Beitr. 12: 113-141.



**Anschrift des Verfassers:**
Prof. Dr. Josef Reichholf
Zoologische Staatssammlung
Abteilung Faunistik und Ökologie
Münchhausenstr. 21
D-8000 München 60

# ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Berichte der Bayerischen Akademie für Naturschutz und Landschaftspflege (ANL)

Jahr/Year: 1986

Band/Volume: 10_1986

Autor(en)/Author(s): Reichholf Josef

Artikel/Article: Tagfalter: Indikatoren für Umweltveränderungen 159-169