

UFZ-Diskussionspapiere

**Sektion
Ökonomie, Soziologie und Recht**

10/2000

**Die Entwicklung von effizienten und effektiven
umweltpolitischen Instrumenten für den
Artenschutz: Eine interdisziplinäre
Vorgehensweise erläutert am Beispiel eines
Schutzkonzepts für den Weißstorch**

Frank Wätzold, Karin Johst und Martin Drechsler

Zeitschriftenlesesaal - Reportage
Oktober 2000

Frank Wätzold (Sektion Ökonomie, Soziologie und Recht)
Karin Johst, Martin Drechsler (Sektion Ökosystemanalyse)

UFZ-Umweltforschungszentrum Leipzig-Halle
Permoserstr. 15
D-04318 Leipzig

e-mail: waetzold@alok.ufz.de

Tel: +49 341 235-2670
Fax: +49 341 235-2511

Zusammenfassung

Die konkrete Ausgestaltung eines umweltpolitischen Instruments bezüglich eines spezifischen Problemfeldes kann häufig aus ökonomischer Perspektive nur unzureichend bestimmt werden. Hierzu bedarf es vielmehr der Integration ökonomischer und ökologischer Forschung. In dem Artikel wird bezogen auf das Problemfeld des Artenschutzes ein methodisches Verfahren zur Entwicklung von ökonomisch effizienten und ökologisch effektiven Instrumenten vorgestellt, daß systematisch volkswirtschaftliche und naturwissenschaftliche Kenntnisse integriert. Anschließend wird die Anwendung des Verfahrens am Beispiel der Entwicklung eines umweltpolitischen Instruments zum Schutz des Weißstorchs illustriert.

Summary

The design of a policy instrument targeted at a specific environmental problem can often not be carried out by economists alone. It rather requires the co-operation between economists and natural scientists. The article presents an interdisciplinary method to develop economically efficient and ecologically effective instruments for the protection of species. To illustrate the integration of knowledge from economics and the natural sciences the method is applied to the development of an environmental policy instrument to protect the white stork.

1. Problemstellung¹

Umweltpolitische Instrumente sind aus ökonomischer Perspektive in vielfältiger Hinsicht analysiert worden. Beispiele hierfür sind Untersuchungen zu ihrer politischen Durchsetzbarkeit, ihren Vollzugseigenschaften und ihrer Fähigkeit, technologische Innovationen zu induzieren². Ein nicht unerheblicher Teil der umweltökonomischen Instrumentendiskussion hat sich jedoch auch mit Fragen der konkreten Ausgestaltung eines Instruments mit Blick auf ein spezifisches umweltpolitisches Problemfeld auseinandergesetzt³. Hierbei ist festgestellt worden, daß sich allein aus ökonomischer Perspektive häufig jedoch nur unzureichende Empfehlungen für das konkrete Design eines Instruments ableiten lassen. Neben der Berücksichtigung rechtlicher Rahmenbedingungen sind insbesondere naturwissenschaftliche Kenntnisse bezüglich des umweltpolitischen Problems unabdingbar. Diese bilden nicht nur die Grundlage zur Entwicklung von Maßnahmen zur Minderung des Problems, sondern sind auch notwendig zur Klärung genuin ökonomischer Fragen, wie etwa der effizienten Ausgestaltung eines Instruments⁴.

Im vorliegenden Artikel wird bezogen auf den umweltpolitischen Bereich des Artenschutzes ein methodisches Verfahren zur Entwicklung von ökonomisch effizienten und ökologisch effektiven Instrumenten vorgestellt, daß systematisch volkswirtschaftliche und naturwissenschaftliche Kenntnisse integriert. Dieses Verfahren wird im nächsten Abschnitt zunächst in allgemeiner Form erläutert. Um zu illustrieren, wie die Kooperation von Ökonomen und Ökologen im Detail verläuft, und welche Ergebnisse durch das interdisziplinäre Vorgehen gewonnen werden können, wird das vierstufige Verfahren anschließend bei der Entwicklung eines Instruments zum Schutz des Weißstorchs angewandt. Die Abschnitte 3 bis 6 sind je-

¹ Für wertvolle Hinweise und Kritik möchten wir uns bei Prof. Bernd Hansjürgens und den Teilnehmern des vom Lehrstuhl von Prof. Malte Faber (Universität Heidelberg) vom 13. bis 15.7.2000 in Oberflockenbach veranstalteten Seminars „Biodiversität als ökonomische und ökologische Ressource“ bedanken.

² Vgl. aus der Fülle der Literatur jeweils als Beispiel für die einzelnen Aspekte Hansjürgens, B.: Zur unterschiedlichen Durchsetzbarkeit von Umweltsteuern und Umweltsonderabgaben. In: Staatswissenschaften und Staatspraxis Jg.6 (1995), H.3, S.359-388, Malik, A.S.: Enforcement Costs and the choice of policy instruments for controlling pollution. In: Economic Inquiry Jg.30 (1992), S.714-721 und Hemmelskamp, J.: Der Einfluß der Umweltpolitik auf das Innovationsverhalten – eine ökonometrische Untersuchung. In: Zeitschrift für Umweltpolitik und Umweltrecht, H.1/1999, S.33-66.

³ Vgl. z.B. die Diskussion der Ausgestaltung einer Versiegelungsabgabe von Bizer, K./Truger, A.: Die Steuerung der Bodenversiegelung durch Abgaben. In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. Jg.9 (1996), H.3, S.379-389 sowie den Vorschlag für eine Abgabe auf Wirtschaftsdünger von Wätzold, F.: Konzeption und Wirkungsweise einer Abgabe auf Wirtschaftsdünger. In: Zeitschrift für angewandte Umweltforschung. Jg.11 (1998) H.1, S.104-114.

⁴ So ist z.B. aus Effizienzgründen eine Abgabe auf Wirtschaftsdünger in Abhängigkeit von der Viehbesatzdichte zu staffeln. Die genaue Ausgestaltung der Staffelung kann aber nur auf Grund der Kenntnis des Schadens in Abhängigkeit von der Viehbesatzdichte bestimmt werden. Vgl. dazu Hansjürgens, B./Wätzold, F.: Abgaben als

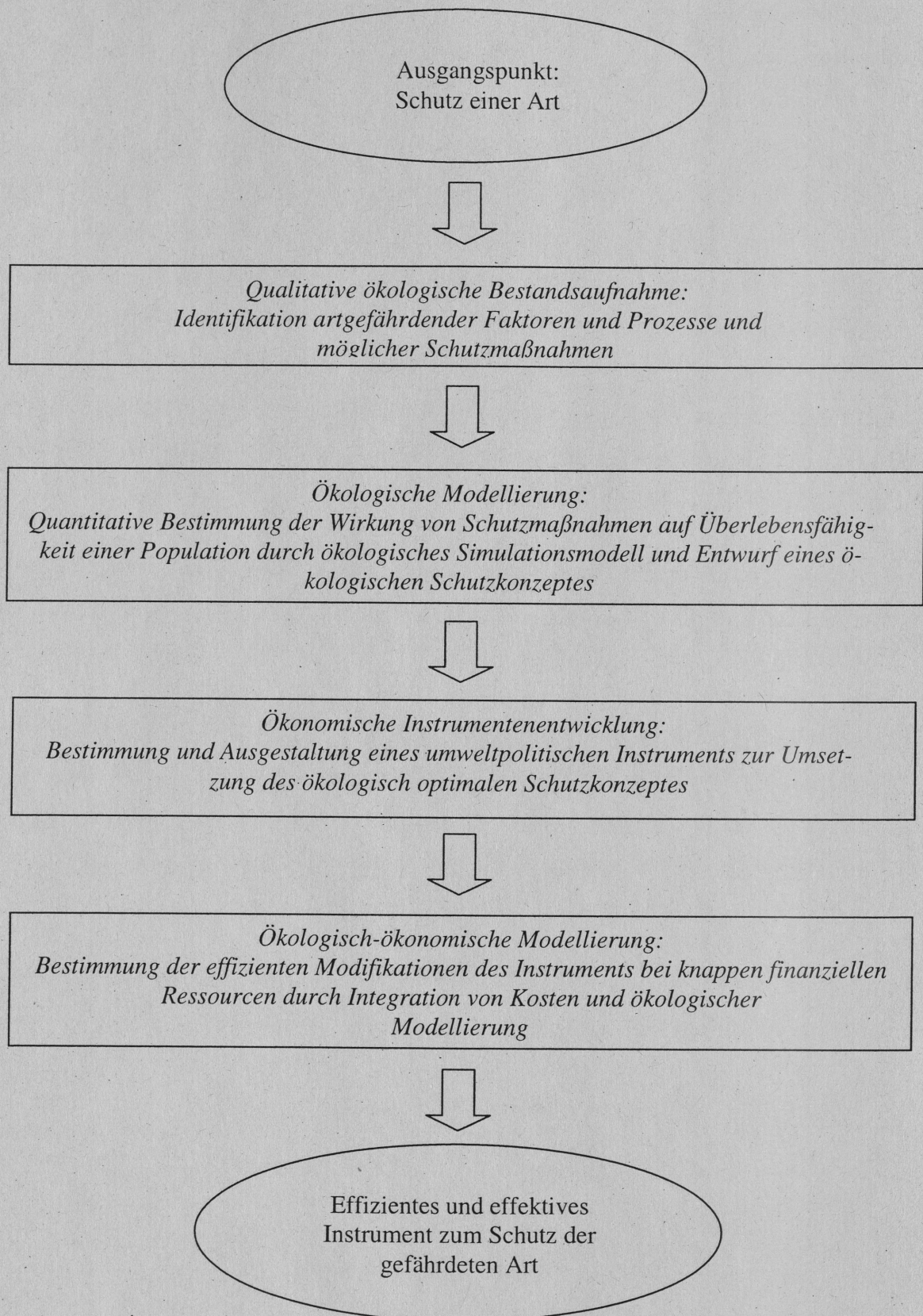
weils einer Stufe gewidmet (qualitative ökologische Bestandsaufnahme, ökologische Modellierung, ökonomische Instrumentenentwicklung und ökologisch-ökonomische Modellierung) In Abschnitt 7 erfolgt eine Zusammenfassung der Ergebnisse.

2. Methodische Vorgehensweise bei der Instrumentenentwicklung

Ausgangspunkt der Instrumentenentwicklung ist das ökologische Ziel des Schutzes einer bestimmten Art. Hieran anknüpfend folgt ein mehrstufiges Vorgehen, bei dem sich die einzelnen Stufen durch eine jeweils unterschiedliche Fragestellung und damit verbunden eine unterschiedliche methodische Herangehensweise unterscheiden. Die einzelnen Stufen bauen unmittelbar aufeinander auf, indem auf jeder Stufe die Ergebnisse einer oder mehrerer vorhergehender Stufen als Input verwendet werden. Als Resultat des Verfahrens ergibt sich ein ökonomisch effizientes und ökologisch effektives Instrument zum Schutz der entsprechenden Art. Einen Überblick über die Vorgehensweise gibt Abbildung 1. Auf den einzelnen Stufen finden konkret folgende Schritte statt:

- 1. Stufe: Ziel dieser Stufe ist die Identifikation artgefährdender Prozesse und Faktoren und darauf aufbauend möglicher Schutzmaßnahmen. Dies geschieht im Rahmen einer qualitativen ökologischen Bestandsaufnahme.
- 2. Stufe: Für die konkrete Ausgestaltung eines Schutzkonzeptes müssen die Wirkungen der auf der ersten Stufe identifizierten Schutzmaßnahmen auf die Überlebensfähigkeit der Artenpopulation quantitativ bestimmt werden (ökologische Nutzenfunktion). Dies geschieht mit Hilfe eines ökologischen Simulationsmodells, aus dessen Ergebnissen sich ein aus ökologischer Sicht optimales Schutzkonzept herleiten läßt.
- 3. Stufe: Zur Umsetzung des ökologisch optimalen Schutzkonzeptes muß ein umweltpolitisches Instrument entwickelt werden. Hierzu ist unter Berücksichtigung verschiedener Kriterien (z.B. Effizienz, Verteilungswirkungen) die geeignete Instrumentenart (z.B. Abgabe, Auflage, Kompensationszahlung) auszuwählen. In Abhängigkeit von institutionellen

Abb. 1 Methodisches Vorgehen bei der Instrumentenentwicklung zum Schutz einer Art



produktionstechnologischen und ökonomischen Faktoren muß über die konkrete Ausgestaltung des Instruments entschieden werden. Weiterhin sind mögliche Implementationsprobleme zu analysieren. Methodisch gründet sich die Vorgehensweise auf die umweltökonomische Instrumentenanalyse, die u.a. auf Erkenntnisse der Allokationstheorie und der Neuen Institutionenökonomik beruht.

- 4. Stufe: Für die Umsetzung des aus ökologischer Sicht optimalen Schutzkonzeptes werden finanzielle Ressourcen benötigt, die auf Grund einer politischen Entscheidung möglicherweise nicht in dem für eine vollständige Verwirklichung entsprechenden Umfang bereitgestellt werden. In diesem Fall muß die Ausgestaltung des Instruments so verändert werden, daß die knappen Mittel effizient eingesetzt werden⁵, d.h. daß mit einem vorgegebenen Budget die Überlebensfähigkeit der Artenpopulation maximiert wird. Das methodische Vorgehen zur Ermittlung der effizienten Modifikation des umweltpolitischen Instruments ist die ökonomisch-ökologische Modellierung, die an Fragestellungen der Allokationstheorie anknüpfend auf der Integration von Informationen zu Kosten in die ökologischer Modellierung beruht.

Wir möchten betonen, daß es sich bei dem methodischen Verfahren nicht um die einfache Aneinanderreihung einzelner Disziplinen handelt. Zum einen bauen die Stufen eins bis vier aufeinander auf, so daß auf jeder Stufe Erkenntnisse vorhergehender Stufen als Input benötigt werden. Wichtiger jedoch ist, daß es auf der vierten Stufe bei der ökologisch-ökonomischen Modellierung zu einer Integration von ökologischer und ökonomischer Forschung kommt, die zu Ergebnissen führt, die mit einem monodisziplinären Vorgehen nicht gewonnen werden können. Während die optimale Allokation knapper Ressourcen für Artenschutzmaßnahmen eine urökonomische Fragestellung ist, kann sie allein aus ökonomischer Sicht auf Grund der Unkenntnis der ökologischen Nutzenfunktion nicht beantwortet werden. Ausschließlich aus ökologischer Perspektive kann das Allokationsproblem jedoch auch nicht gelöst werden, da ökologische Modelle in der Regel blind gegenüber Kostenaspekten sind, die jedoch einen wesentlichen Einfluß auf die Ausgestaltung der optimalen Ressourcenallokation ausüben⁶.

⁵ Im Rahmen der üblichen Lehrbuchannahmen über die Verläufe der Grenzkosten- und Grenznutzenkurven von ökologischen Schutzmaßnahmen ist dies eine triviale Aufgabe. Hier ist es nur notwendig, die Kompensationszahlungen zu senken. Bezüglich einer bestimmten Art haben die Kurven jedoch oft einen vollständig anderen Verlauf. Wie sich am Beispiel des Weißstorchs zeigen wird, weicht in diesem Fall die effiziente Lösung von der Lehrbuchlösung ab.

⁶ Vgl. dazu im Rahmen allgemeiner Modellüberlegungen Drechsler, M./Wätzold, F.: The importance of economic costs in the development of guidelines for spatial conservation management. In: *Biological Conservation* Jg.97 (2001), H.1., S.51-59.

Im folgenden wird das vorgestellte methodische Vorgehen anhand der Entwicklung eines umweltpolitischen Instruments zum Schutz des Weißstorchs illustriert.

3. Qualitative ökologische Bestandsaufnahme (1. Stufe)

3.1 Der Weißstorch als in Deutschland gefährdete Art

Die Bestände des Weißstorches sind in Deutschland in den letzten Jahrzehnten erheblich zurückgegangen. Wurden 1930 noch etwa 9.000 Brutpaare in Deutschland gezählt, so hatte sich ihre Zahl auf etwa 3.300 Paare im Jahr 1992 verringert, wovon etwa 82% in Ostdeutschland brüten⁷. Der Weißstorch gehört damit in Deutschland zu den gefährdeten Tierarten, für deren Schutz wirksame Maßnahmen unerlässlich sind⁸. Bisherige Schutzmaßnahmen haben sich vor allem auf die Zucht und Wiederansiedlung des Weißstorches auf lokaler Ebene konzentriert. Obwohl diese Schutzmaßnahmen zur Stabilisierung der Bestände bzw. zu einem leichten Bestandszuwachs des Weißstorches beigetragen haben, sind sie nicht ausreichend, um eine grundlegende Erholung der Bestände zu erreichen und die weiträumige Wiederansiedlung des Weißstorches in Gebieten zu ermöglichen, aus denen er sich zurückgezogen hat.

3.2 Ursachen des Rückganges der Weißstorchbestände

In Deutschland gewährleisteten viele der ursprünglichen Brutgebiete des Weißstorches während der Aufzucht der Jungstörche keine ausreichende Nahrungsversorgung mehr. Hauptursachen dafür sind zum einen die anhaltende Zerstörung der natürlichen Nahrungshabitate um die Neststandorte durch die Umwandlung von Grünland in Ackerland, die Entwässerung von Feuchtwiesen, wasserbauliche Maßnahmen wie die Begradigung und Kanalisierung von Flüssen sowie die großflächige Bebauung von Grünland⁹. Zum anderen haben sich durch die Intensivierung und die modernen technischen Möglichkeiten die Bewirtschaftungsweisen in der Landwirtschaft tiefgreifend verändert. In den 50er Jahren erstreckte sich die Mahd der Heuwiesen über mehrere Monate und somit über den gesamten Zeitraum der Aufzucht von Jungstörchen¹⁰. Damit standen in der Umgebung eines Horstes in der Regel immer frisch gemähte Wiesen für den Storch zur Futtersuche zur Verfügung, auf denen er Beutetiere, wie Mäuse,

⁷ Kaatz Ch./M. Kaatz.: Der Elbebereich als Schwerpunkt der Weißstorchverbreitung in Deutschland. Berichte des Landesamtes für Umweltschutz Sachsen-Anhalt.- Halle, 1992, Heft 5: Naturschutz im Elbegebiet, S. 29-53.

⁸ Bairlein, F. Population studies of White Storks (*Ciconia ciconia*) in Europe. In Perrins, C.M./Lebreton, J.-D./Hirons G.J.M. (eds.) Bird Population Studies. Oxford, 1991, S. 207-229.

⁹ Kaatz Ch.: Tendenzen der Bestandsentwicklung beim Weißstorch international, im östlichen und westlichen Deutschland sowie im Bundesland Sachsen-Anhalt. In: Kaatz Ch./M. Kaatz. (eds) Jubiläumsband Weißstorch, Tagungsbandreihe des Storchenhofes Lohburg im MRLU-LSA, 3. Tagungsband, 1996.

Regenwürmer u.ä. viel besser finden kann als auf Wiesen mit hoher Vegetation¹¹. Heute nimmt die Mahd durch den Einsatz von Maschinen nur noch etwa zwei Wochen in Anspruch, so daß nur während eines eng begrenzten Zeitraumes in der Nähe eines Horstes kurzrasige Wiesen zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen¹².

3.3 Einfluß der Wiesenmahd auf den Bruterfolg

In der Regel werden in Deutschland Wiesen zur Futtergewinnung zweimal gemäht, das erste Mal Mitte bis Ende Mai und das zweite Mal etwa 6-8 Wochen später. Bei diesem konventionellen Mahdregime fällt der Zeitpunkt der ersten Wiesenmahd im allgemeinen mit dem Schlüpfen der Jungstörche zusammen. Deshalb stehen zu Beginn der Nestlingszeit in der Regel genügend frisch gemähte Wiesen zur Verfügung. Mit wachsender Vegetation sinkt die Nahrungsverfügbarkeit auf diesen Wiesen jedoch innerhalb von etwa zwei Wochen bereits auf die Hälfte ihres Wertes bis schließlich auf etwa ein Drittel bei maximaler Vegetationshöhe¹³. Für den Storch als eine Art mit einer langen Nestlingsdauer bietet die konventionelle Wiesenmahd deshalb nur vorübergehend reichlich Nahrung.

Intuitiv erscheint es plausibel, daß auch in heutiger Zeit ein Mahdregime, bei dem die Wiesen im Umkreis eines Horstes zu über die ganze Brutsaison verteilten Zeitpunkten gemäht werden, die Nahrungsversorgung der Jungen besser sichern kann¹⁴. Da dann über einen längeren Zeitraum kontinuierlich frisch gemähte Wiesen zur Nahrungssuche zur Verfügung stehen, würde eine solche Staffelmahd die verlängerte Wiesenmahd früherer Zeiten nachempfinden¹⁵. Wie jedoch ein solches Mahdregime im Detail aussehen muß, ist allein mit Hilfe von Plausibilitätsüberlegungen nicht zu bestimmen. Hierfür muß auf ein ökologisches Simulationsmodell zurückgegriffen werden, mit dessen Hilfe bestimmt werden kann, wie die Änderung des

¹⁰ Pfeifer, R./Brandl, R.: Der Einfluß des Wiesenmahdtermins auf die Vogelwelt. In: Ornithologischer Anzeiger 30 (1991), S.159-171.

¹¹ Sackl, P.: Untersuchungen zur Habitatwahl und Nahrungsökologie des Weisstorches (*Ciconia Ciconia L.*) in der Steiermark. PhD thesis, University of Graz, Austria, 1985.

¹² Pfeifer, R.: Zu Nahrungssituation und Bruterfolg des Weißstorches *Ciconia Ciconia* an zwei Brutplätzen im Rotmaingebiet. In: Anzeiger der Ornithologischen Gesellschaft Bayern 28 (1989), S.117-130.

¹³ Lakeberg, H.: Zur Nahrungsökologie des Weißstorchs *Ciconia ciconia* in Oberschwaben: Raum-Zeit-Nutzungsmuster und Territorialverhalten. PhD thesis, University of Tübingen, Germany, 1993.

¹⁴ Wir möchten darauf hinweisen, daß im Rahmen unseres Verfahrens nicht bestimmt werden kann, ob die vorgeschlagene Schutzstrategie der Staffelmahd insgesamt die zu präferierende Strategie ist oder ob beispielsweise die Renaturierung von Feuchtwiesen nicht vorzuziehen ist. Hierzu bedarf es eines multikriteriellen Verfahrens, vgl. dazu z.B. Zimmermann, H.-J., Gutsche, L.: Multi-Criteria Analyse, (1991), Springer, Berlin und Drechsler, M.: Die Bewertung von Biodiversitätsschutzmassnahmen mit Hilfe multikriterieller Analyse. In Zeitschrift für Angewandte Umweltforschung (im Druck).

¹⁵ Im Biosphärenreservat Flusslandschaft Elbe-Brandenburg wurde Mitte der 90er Jahre im Rahmen des Vertragsnaturschutzes des Landes Brandenburg auf Grund von Beobachtungen über das Nahrungsverhalten des

Bruterfolgs von der Anzahl der für die Staffelmahd zur Verfügung stehenden Wiesen, deren räumlicher Anordnung zu den Horsten und den konkreten Mahdterminen abhängt. Diese Informationen sind notwendig, um eine aus ökologischer Sicht effektive landwirtschaftliche Bewirtschaftungsweise zum Schutz des Weißstorchs herzuleiten.

4. Ökologische Modellierung (2. Stufe)

4.1 Grundzüge des ökologischen Simulationsmodells

Das Modell wurde so konzipiert, daß die Futterbereitstellung eines Storchenspaars für die Jungtiere während der Nestlingszeit und damit letztlich der Bruterfolg in Abhängigkeit von verschiedenen Mahdregimes ermittelt werden kann¹⁶. Grundlage des Modells sind Kenntnisse der Nahrungsökologie des Weißstorchs und des Energiebedarfs der Nestlinge sowie biologische Regeln, die auf Beobachtungen des Verhaltens des Weißstorches bei der Futtersuche basieren¹⁷. Das Angebot an gemähten Wiesen und damit auch die Nahrungsverfügbarkeit können im Modell entsprechend dem jeweiligen Mahdregime der Landwirte variiert werden. In der Regel wird je Horst eine unterschiedliche Anzahl von Wiesen in unterschiedlicher Entfernung vom Nest zur Staffelmahd zur Verfügung stehen. Da wir für den Zusammenhang zwischen Mahdregime und Bruterfolg allgemeine Aussagen benötigen, die nicht auf spezielle Landschaftsstrukturen begrenzt sind, werden die an der Staffelmahd teilnehmenden Wiesen zufällig ausgewählt und mit dem mittleren Bruterfolg bei der konventionellen Mahd aller Wiesen verglichen. Dazu nehmen wir an, daß der Storch bei der Nahrungssuche allein auf landwirtschaftlich genutzte Wiesen angewiesen ist und keine zusätzlichen natürlichen Nahrungshabitate zur Verfügung stehen. Das Modell verfolgt die einzelnen Nahrungsflüge pro Tag während der gesamten Jungenaufzucht von etwa 70 Tagen¹⁸. Sowohl das Verhalten des Storches während der Futtersuche als auch das Angebot an gemähten Wiesen im Umkreis des Horstes bestimmen dabei die Futtermenge, die für die Jungen pro Flug bereitgestellt werden kann.

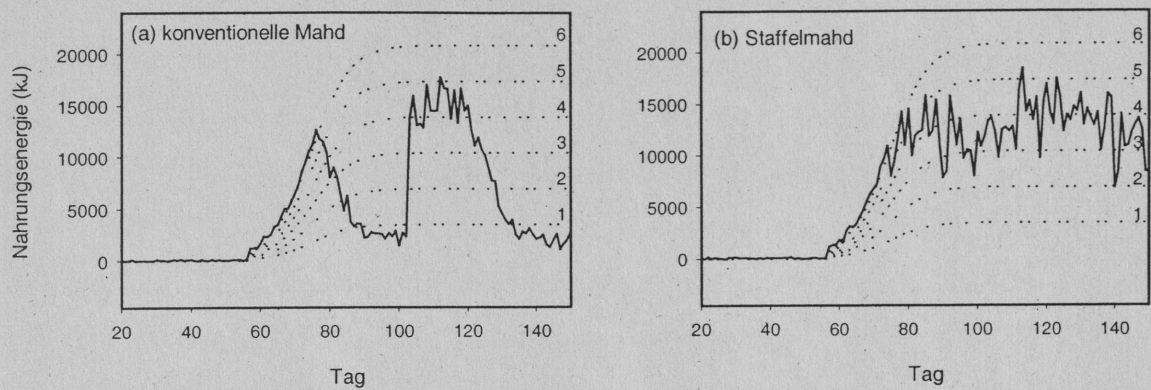
Weißstorches eine sogenannte kleinparzellerte Mahd eingeführt. Wir danken dem Leiter des Biospärenreservates, Dr. Frank Neuschulz für ein ausführliches und informatives Gespräch.

¹⁶ Eine ausführliche Darstellung des Modells findet sich in Johst, K., Brandl, R., Pfeifer, R.: Foraging in a spatially structured and dynamic environment: a model for the White Stork. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie Jg. 29 (1999), S. 247-252. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin und Johst, K., Brandl, R., Pfeifer, R.: Foraging in a patchy and dynamic landscape: human land use and the White Stork. In: Ecological Applications (im Druck).

¹⁷ Struwe, B./K.-M. Thomsen: Untersuchungen zur Nahrungsökologie des Weißstorches (*Ciconia Ciconia*, L. 1758) in Bergenhusen 1989. In: Corax Jg. 14 (1991), S. 210-238.

¹⁸ Bauer, K.M./U.N. Glutz von Blotzheim, Handbuch der Vögel Mitteleuropas. - Bd. 1. Akademische Verlagsgesellschaft Frankfurt, 1966.

Abbildung 2: Nahrungsbereitstellung im Vergleich zum Nahrungsbedarf



Das Verhalten des Storchs wird im Modell durch drei Entscheidungsmöglichkeiten nachvollzogen, die sowohl vom Nahrungsbedarf der Nestlinge als auch von der Qualität der Wiese abhängen: die Auswahl einer Wiese bei Beginn eines neuen Nahrungsfluges, die Dauer der Nahrungssuche auf der Wiese und die variable Anzahl von Nahrungsflügen pro Tag. Ist die Futterbereitstellung im Vergleich zum Bedarf der Nestlinge, der abhängig ist von Anzahl und Alter,¹⁹ zu klein und dauert dieser Zustand länger als etwa drei Tage (bei sehr jungen Nestlingen) bzw. etwa sechs Tage (bei älteren Nestlingen), dann stirbt eine entsprechende Zahl von Nestlingen. Da sowohl das Verhalten des Weißstorchs während der Nahrungssuche als auch der Tod eines Nestlings aufgrund von Nahrungsmangel ebenso wie die Entscheidung eines Landwirts, seine Wiese an einem bestimmten Tag zu mähen, von Zufallseinflüssen abhängen können, müssen diese im Modell und bei der Auswertung berücksichtigt werden. Deshalb liefert das Modell eine über 1000 Simulationsläufe gemittelte Zahl von überlebenden Jungen in Abhängigkeit vom Mahdregime.

4.2 Modellergebnisse

Abb. 2 zeigt die Ergebnisse eines typischen Simulationslaufes sowohl für die konventionelle Mahd als auch für die Staffelmahd von zehn Wiesen im Umkreis eines Horstes²⁰. Die punktierten Linien entsprechen dem nach dem Schlüpfen (in der Abbildung am Tag 57, entspricht etwa dem 27. Mai) wachsenden Energiebedarf von 1-6 Jungen im Nest. Da bei der konventionellen Mahd alle Landwirte in der günstigen Zeit Ende Mai mähen, können anfangs die Weißstörche den wachsenden Energiebedarf der an Gewicht zunehmenden Jungen durch intensivere Nahrungssuche decken (durchgezogene Linie in Abb. 2a). Sie können die mit wach-

¹⁹ Bezzel, E./Prinzinger, R.: Ornithologie. Stuttgart, 1990.

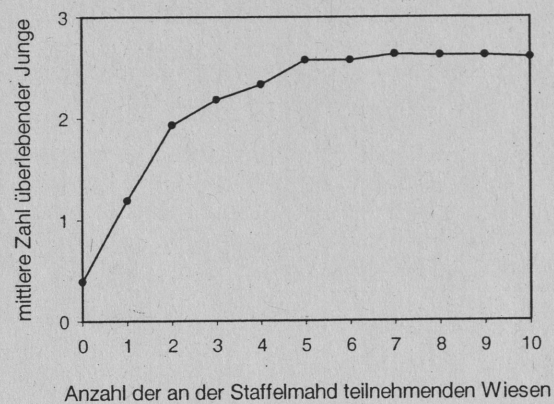
²⁰ Johst, K., Brandl, R., Pfeifer, R. 1999. Foraging in a spatially structured and dynamic environment: a model for the White Stork. In: Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie 29, S. 247-252. Spektrum Akademischer Verlag Heidelberg Berlin.

sender Vegetation sinkende Qualität der Nahrungshabitate ausgleichen, indem sie länger nach Nahrung suchen und mehr Nahrungsflüge pro Tag unternehmen. Da jedoch beiden Möglichkeiten Grenzen gesetzt sind, sinkt schließlich das Nahrungsangebot für die Nestlinge. Durch die auf einen Zeitraum von etwa zwei Wochen konzentrierte konventionelle Mahd wachsen die Wiesen auch relativ synchron wieder zu (Tag 80-100), so daß bis zum Beginn der zweiten Mahd (Tag 100) die Nahrungsverfügbarkeit durch die relativ hohe Vegetation aller Wiesen stark eingeschränkt ist. In diesem Zeitraum würden im Simulationslauf in Abb. 2a alle Jungen im Nest verhungern. Das Modell zeigt, daß eine Staffelmahd, bei der die Wiesen im Umkreis eines Horstes zu vorgegebenen, aufeinander abgestimmten und über die ganze Brutsaison verteilten Zeitpunkten gemäht werden, die Nahrungsversorgung der Jungen viel besser sichern kann. Im in Abb. 2b gezeigten Simulationslauf nehmen alle zehn Wiesen im Umkreis eines Horstes an einer Staffelmahd teil, wodurch 3-4 Nestlinge überleben könnten.

4.3 Wirkung von verschiedenen Bewirtschaftungsweisen auf den Bruterfolg

Zur Entwicklung eines ökologisch fundierten Schutzkonzeptes ist es notwendig, verschiedene Bewirtschaftungsweisen (Staffelmahd-Szenarios) zu untersuchen und ihren ökologischen Nutzen (mittlerer Bruterfolg) miteinander zu vergleichen. Da in der Regel die Zahl der an einer Staffelmahd teilnehmenden Wiesen von Horst zu Horst variieren kann, haben wir in Abb. 3 die Zahl der an der Staffelmahd beteiligten Wiesen bei einer gegebenen Gesamtzahl von zehn Wiesen variiert. Die Mahdtermine wurden dabei so gewählt, daß der höchste mittlere Bruterfolg bei einer bestimmten Anzahl von teilnehmenden Wiesen erreicht wird. Alle übrigen Wiesen mähen weiterhin konventionell. Da wir annehmen, daß der Storch bei der Nahrungssuche allein auf landwirtschaftlich genutzte Wiesen angewiesen ist und keine zusätzlichen natürlichen Nahrungshabitate zur Verfügung stehen, beträgt der Bruterfolg unter dem konventionellen Mahdregime aller Wiesen im Mittel nur 0.4 Nestlinge pro Horst. Mit wachsender Zahl der an einer Staffelmahd teilnehmenden Wiesen erhöht sich der Bruterfolg, wobei der Anstieg in der Zahl überlebender Nestlinge bei ein oder zwei Wiesen besonders groß ist, danach etwas abflacht (drei bis fünf Wiesen) und zwischen sechs und zehn Wiesen gegen Null tendiert. Die Ergebnisse zeigen, daß es ausreichend ist, fünf Wiesen im Umkreis eines Horstes in Abständen von etwa einer Woche außerhalb der konventionellen Mahdtermine zu mähen.

Abbildung 3: Überlebende Junge in Abhängigkeit von der Zahl der an einer Staffelmahd teilnehmenden Wiesen



Diese Form der Wiesenbewirtschaftung bietet daher für den Artenschutz des Weißstorchs optimale Bedingungen. Eine größere Anzahl von Wiesen mit enger liegenden Mahdterminen erhöht den Bruterfolg nicht, da der Storch eine mindere Qualität der Wiesen, d. h. eine höhere Vegetation, bis zu einem gewissen Umfang durch intensivere Futtersuche ausgleichen kann.

5. Ökonomische Instrumentenentwicklung (3. Stufe)

5.1 Auswahl des umweltökonomischen Instruments

Um die für die im vorigen Abschnitt vorgeschlagene ökologisch optimale Form der Wiesenbewirtschaftung notwendigen Verhaltensänderungen der Landwirte zu erreichen, bedarf es eines umweltpolitischen Instruments. Hierfür bietet sich das Instrument der Kompensationszahlungen²¹ an. Der wichtigste Entscheidungsgrund für Kompensationszahlungen liegt in der im Gegensatz zu den anderen Instrumenten unterschiedlichen Verteilung der Kosten für den Storchenschutz. Während etwa bei dem Instrument einer Auflage in Form einer Verpflichtung der Landwirte zu Storchenschutzmaßnahmen die Landwirte die Kosten, soweit sie nicht überwälzbar sind, zu tragen haben, werden die Kosten bei Kompensationszahlungen aus dem allgemeinen Steueraufkommen finanziert, wobei sich die genaue Verteilung der Lasten nach der Inzidenz der Steuern bestimmt.

Da das Instrument der Kompensationszahlung auf einer freiwilligen Teilnahmeentscheidung basiert, kann davon ausgegangen werden, daß den Landwirten, wenn sie sich zur Partizipation entscheiden, nicht nur die Kosten ersetzt werden, sondern sie in Form der Differenz von Kompensationszahlung und ihnen tatsächlich entstehenden Kosten sogar einen Nutzenzu-

²¹ In der Literatur wird auch häufig von Honorierungszahlungen für ökologische Leistungen gesprochen.

wachs realisieren. Die Wahl zwischen dem Instrument der Kompensationszahlung und einem anderen Instrument beinhaltet also immer ganz bestimmte verteilungspolitische Erwägungen.

Die Entscheidung, die Kosten des Storchenschutzes der Allgemeinheit und nicht den Landwirten zu übertragen, ergibt sich aus den gesellschaftlichen Rahmenbedingungen. Bereits Coase²² hat darauf aufmerksam gemacht, daß externe Effekte²³ immer einen reziproken Charakter haben und daß die Zuordnung der Adjektive „negativ“ und „positiv“ einer von der Gesellschaft bestimmten Zuteilung von Eigentums- bzw. Nutzungsrechten bedarf. Im Rahmen dieser Betrachtungsperspektive stellen sich zwei Alternativen: Bei der ersten wird den Landwirten das Recht auf freie Wahl der Bewirtschaftungsweise zugestanden. Dies impliziert, daß es sich bei den Storchenschutzmaßnahmen um positive externe Effekte handelt, deren Kosten von der Allgemeinheit übernommen werden sollten. Bei der zweiten Alternative wird den Landwirten nicht das Recht auf freie Wahl der Bewirtschaftungsform zugestanden, sondern dem Artenschutz wird Priorität eingeräumt. In dieser Sichtweise entsteht durch die Anbaumethoden der heutigen Landwirtschaft ein negativer externer Effekt in Form eines Rückgangs der Storchpopulation. Dies legt nahe, die Kosten des Storchenschutzes von den Landwirten tragen zu lassen.

Ob der mit einer Tätigkeit verbundene externe Effekt als positiver oder negativer externer Effekt bewertet wird, wird in der Regel im politischen Prozeß entschieden und durch die entsprechende Zuteilung von Eigentumsrechten zementiert. In Deutschland hat es sich im politischen Prozeß durchgesetzt, daß die Landwirte sich zwar an bestimmte Bewirtschaftungsregeln halten müssen, wie sie z.B. in den Bestimmungen der Düngeverordnung (Verordnung der Bundesregierung über die Grundsätze der guten fachlichen Praxis beim Düngen vom 26.1.1996) festgelegt sind, ansonsten in der Wahl ihrer Bewirtschaftungsform aber frei sind. Darüber hinausgehende allgemeine ökologische Leistungen ebenso wie artenspezifische Schutzmaßnahmen werden in der Regel auf freiwilliger Basis erbracht und entsprechend honoriert.

Zusätzlich zu ihren verteilungspolitischen Implikationen spricht für Kompensationszahlungen, daß sie kostenseitig eine effiziente Allokation der Artenschutzmaßnahmen auf die einzelnen Landwirte sicherstellen. Sie gewährleisten, daß diejenigen Landwirte an den Arten-

²² Vgl. Coase, R.H.: The Problem of Social Cost. In: Journal of Law and Economics. Jg. 3 (1960), S.1-44.

²³ Externe Effekte liegen vor, wenn die Handlung eines Unternehmens oder eines Individuums direkt mit positivem oder negativem Vorzeichen in die Nutzen- oder Produktionsfunktion Dritter eingeht, ohne daß der Marktmechanismus den Verursacher kompensiert oder belastet. Profitieren Dritte von der Handlung, so existieren positive externe Effekte, werden Dritte geschädigt, so entstehen negative externe Effekte.

schutzmaßnahmen teilnehmen, die die Maßnahmen am günstigsten durchführen können. Die einzelnen Landwirte entscheiden, ob sich bei einem gegebenen Subventionssatz für sie eine Teilnahme an den Artenschutzmaßnahmen lohnt. Diejenigen, deren Kosten niedrig sind und von den Kompensationszahlungen gedeckt werden, werden sich am Storchenschutz beteiligen und diejenigen, deren Kosten hoch sind und bei denen demnach die Deckung durch die Kompensationszahlungen nicht erfolgt, werden dies unterlassen.

5.2 Ausgestaltung der Kompensationszahlungen

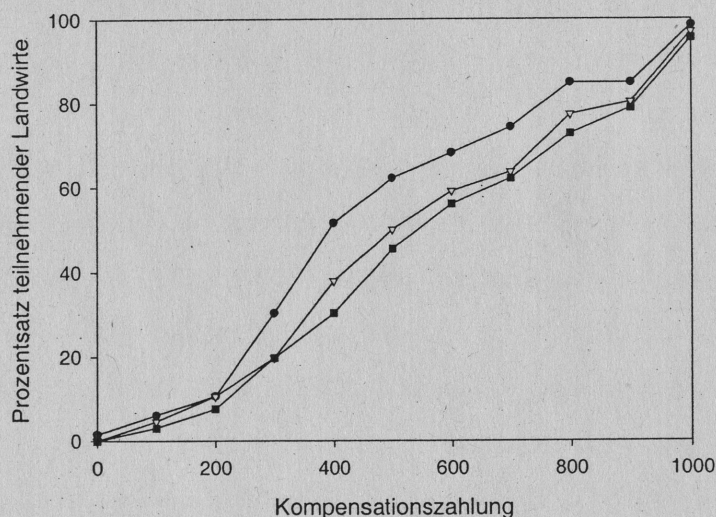
Nach der allgemeinen Entscheidung für das Instrument der Kompensationszahlungen stellt sich die Frage nach seiner genauen Ausgestaltung. Diese knüpft an die sich aus dem ökologischen Simulationsmodell ergebende optimale Schutzstrategie aus ökologischer Sicht an und besteht darin, die Landwirte zu veranlassen, nach den beiden konventionellen Mahdterminen jeweils 5 Wiesen gestaffelt im Wochenrhythmus zu mähen. Hierfür ist es notwendig, Kompensationszahlungen für zweimal fünf zusätzliche Mahdtermine in der Umgebung des Horstes bereitzustellen. Die zusätzlichen Mahdtermine sollen etwa 2 Wochen nach den konventionellen Mahdterminen Mitte bis Ende Mai und ca. 6-8 Wochen später beginnen und danach im Abstand von jeweils einer Woche fortgesetzt werden. Ein Landwirt kann am Kompensationssystem teilnehmen, wenn er sich zum Zeitpunkt des Schlüpfens der Jungtiere bereit erklärt, die Mahd einer ca. ein ha großen Wiese, die mindestens zwei Monate vorher nicht gemäht wurde, zu zwei von der verantwortlichen Behörde vorgegebenen einwöchigen Zeiträumen durchzuführen. Ist es auf Grund schlechter Witterungsbedingungen für die Landwirte nicht möglich, die Wiese in dem vorgeschriebenen Zeitraum zu mähen, so ist die Mahd zum nächstmöglichen Zeitpunkt nachzuholen.

Um eine Vorstellung von den mit der Staffelmahd verbundenen Kosten und der sich daraus ergebenden Höhe der notwendigen Kompensationszahlungen zu gewinnen, haben wir eine Befragung²⁴ von Landwirten vorgenommen. Von fast allen Landwirten wurde darauf hingewiesen, daß eine zunehmende Verschlechterung der Futterqualität des Mahdgutes mit späterem Mahdtermin auftritt. Je weiter die erste Mahd über den optimalen Mahdzeitpunkt Ende Mai hinaus verschoben wird, um so mehr verringert sich der Eiweißgehalt des Viehfutters. Deshalb werden in der Regel alle Wiesen aufgrund betriebswirtschaftlicher Maximierungserwägungen an den zwei genannten üblichen Mahdterminen gemäht. Als weitere mit der Einführung einer Staffelmahd verbundene Kosten wurden die Abgrenzung bzw. Einzäunung eines

für die Staffelmahd vorgesehenen Wiesenstücks, mit der zusätzlichen Mahd verbundener Arbeits- und Maschineneinsatz, steigende Opportunitätskosten bei einem späteren Mahdtermin sowie Weideflächenverlust angegeben. Die Bedeutung der einzelnen Kostenarten variiert mit der bisherigen Nutzung der für eine Staffelmahd vorgesehenen Fläche. Prinzipiell wurden als bisherige Nutzungen ganzjährige Weide, Futtergewinnung sowie Kombination aus Futtergewinnung und Weidenutzung (Mähweide) genannt. Die durchschnittliche Höhe der von den Landwirten genannten Kompensationsforderungen unterschied sich bei den einzelnen Nutzungsformen jedoch nicht signifikant.

Um die Höhe der für die Staffelmahd notwendigen Kompensationszahlungen zu ermitteln, wurde den Landwirten die Frage gestellt, wie viel DM man Ihnen bezahlen müßte, damit sie eine Mahd in einem genau vorgegebenen Zeitraum durchführen. Abbildung 4 gibt einen Ü-

Abbildung 4: Prozentsatz der teilnehmenden Landwirte nach den Ergebnissen der Befragung in Abhängigkeit von der angebotenen Kompensationszahlung für die erste (Rauten), dritte (Dreiecke) und fünfte (Quadrate) Woche.



Quelle: Befragung von Landwirten im früheren Altkreis Torgau (92 Antworten)

berblick über die von den Landwirten genannten Beträge. Man sieht, daß die Zahl der an der Staffelmahd teilnehmenden Landwirte unabhängig vom Mahdtermin etwa linear mit der angebotenen Kompensationszahlung zunimmt. Damit wächst die Höhe der nötigen Ausgaben quadratisch mit der Höhe des Kompensationsangebots. Eine Verdopplung des Angebots bei-

²⁴ Die Befragung erfolgte im Februar/März 2000 und umfaßte Interviews an Hand von standardisierten Fragebö-

spielsweise verdoppelt etwa die Zahl der Teilnehmer und die Ausgaben pro Teilnehmer, was zu einer Vervierfachung der Gesamtausgaben führt. Die Höhe der nötigen Kompensationszahlungen nimmt leicht mit der Zeit zu. Um beispielsweise eine Teilnahme von 50% der Landwirte zu erzielen, müßte man in der ersten Woche eine Kompensation von etwa 400 DM, in der dritten Woche 500 DM und in der fünften Woche 600 DM anbieten. Eine ausführliche Diskussion der in Abhängigkeit von den vorhandenen Fördermitteln auszugestaltenden Kompensationszahlungen erfolgt in Abschnitt 6.

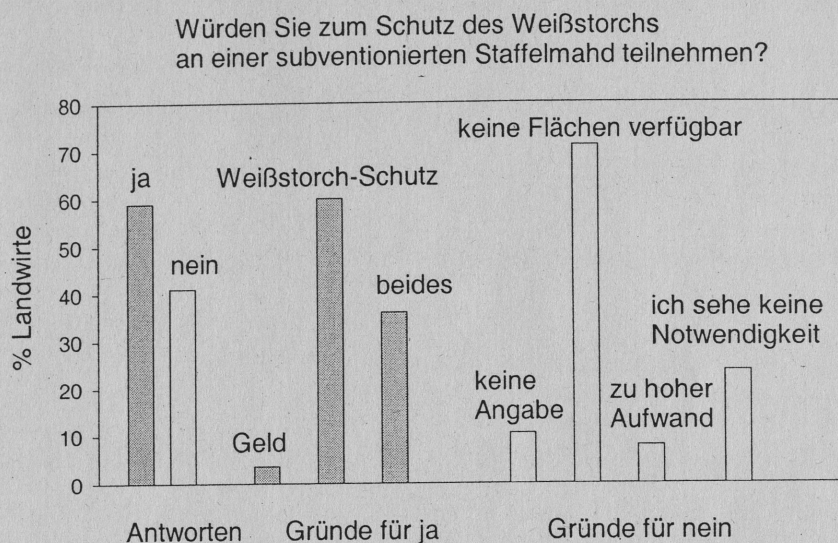
5.3 Mögliche Probleme bei der Implementation von Kompensationszahlungen

Der Grad der ökologischen Zielerreichung eines umweltpolitischen Instruments, also seine Effektivität, hängt nicht zuletzt von der erfolgreichen Implementation des Instruments ab. Die Effektivität der Implementation von Kompensationszahlungen für den Weißstorchschutz wird dabei im wesentlichen von zwei Faktoren bestimmt. Es müssen genug Landwirte am Storchenschutz teilnehmen, und es muß sichergestellt sein, daß die Landwirte, die sich bereit erklären, gegen Kompensationszahlungen bestimmte Maßnahmen durchzuführen, sich auch an ihre Verpflichtungen halten.

5.3.1 Teilnahme von Landwirten

Um sicherzustellen, daß die ökologisch optimalen Storchenschutzmaßnahmen in entsprechendem Umfang durchgeführt werden, müssen genug landwirtschaftlich genutzte Wiesen um die jeweiligen Horste vorhanden sein, und die Landwirte, die diese Wiesen bewirtschaften, müssen auch bereit sein, sich an dem System zu beteiligen. Während die Anzahl der vorhandenen Wiesen um den Horst von den jeweiligen lokalen Gegebenheiten abhängig, und es deshalb schwer ist, hierzu verallgemeinerbare Aussagen zu treffen, gestattet die von uns durchgeführte Befragung der Landwirte Schlußfolgerungen über die Bereitschaft der Landwirte am Storchenschutz teilzunehmen. Wie befragten die Landwirte nach ihrer prinzipiellen Bereitschaft, sich an dem vorgeschlagenen Mahdregime zu beteiligen, wenn sie dafür entsprechend honoriert würden. Insgesamt beantworteten 59% der Landwirte diese Frage positiv (Abbildung 5).

Abbildung 5: Motive der Landwirte für eine mögliche Beteiligung am Storchenschutz



Quelle: Befragung von Landwirten im früheren Altkreis Torgau (92 Antworten)

Die Motive der Landwirte für eine Beteiligung deuten dabei auf ein großes Interesse am Storchenschutz hin. 60% der Landwirte, die prinzipiell ihre Bereitschaft geäußert hatten, an Schutzmaßnahmen teilzunehmen, gaben an, daß sie dies ausschließlich im Interesse des Storchenschutzes tun würden. Für 36% der Landwirte wären sowohl der Weißstorchschutz als auch die dafür vorgesehenen Kompensationszahlungen ausschlaggebend und nur 4% würden ausschließlich wegen der Kompensationszahlungen teilnehmen. Auch die Gründe, die diejenigen Landwirte für ihre Entscheidung angaben, die nicht an Schutzmaßnahmen teilnehmen wollten, deuteten nicht auf eine prinzipielle Ablehnung des Systems hin. Der Hauptgrund, den 71% der Landwirte anführten, war, daß sie über keine geeigneten Flächen verfügten.

5.3.2 Überwachung und Sanktion der Kompensationsempfänger

Für eine effektive Implementation ist es notwendig, daß die Landwirte auch die im Austausch für die Kompensationszahlungen zugesagten Verpflichtungen einhalten. Die ökonomische Analyse dieses Implementationsaspektes ist typischerweise auf Überwachungs- und Sanktionsfragen (Monitoring and Enforcement) fokussiert²⁵. In Anlehnung an die ökonomische

²⁵ Ein Überblick über die ökonomische Literatur zu „Monitoring and Enforcement“ findet sich bei Cohen, M.: Monitoring and enforcement of environmental policy. In: Folmer, H., Tietenberg, T. (Eds.) The International Yearbook of Environmental and Resource Economics 1999/2000. Cheltenham/UK, Northampton/USA 1999, S.44-105.

Theorie der Kriminalität von Becker²⁶ wird unterstellt, daß ein Wirtschaftssubjekt bei der Entscheidung, ob es eine umweltpolitische Maßnahme befolgt oder dagegen verstößt, sich als „homo oeconomicus“ verhält, d.h. ausschließlich seinen Eigennutz maximiert. Es vergleicht demnach den erwarteten Nutzen der Gesetzesbefolgung mit dem erwarteten Nutzen der gesetzeswidrigen Handlung und wählt die Alternative mit dem höchsten Erwartungsnutzen aus. In den Erwartungsnutzen der gesetzeswidrigen Handlung geht u.a. die erwartete Strafe ein, die sich über das Produkt von Entdeckungswahrscheinlichkeit und Strafhöhe im Fall der Überführung des Gesetzesbruches bestimmt.

Bei dieser ökonomischen Herangehensweise an Implementationsfragen ist kritisiert worden, daß sie ein zu pessimistisches Bild der Gesetzesbefolgung zeichnet, da andere Faktoren, die dazu beitragen, daß Wirtschaftssubjekte sich an Gesetze halten, wie etwa gesellschaftliche Normen, außer Acht gelassen werden²⁷. Trotzdem bietet die ökonomische Sichtweise einen geeigneten Analyserahmen, um bei den vorgeschlagenen Kompensationszahlungen zum Storchenschutz zu überprüfen, ob in größerem Umfang mit Vertragsverletzungen zu rechnen ist. Wenn gezeigt werden kann, daß ein Landwirt bereits aus Eigeninteresse von Vertragsverletzungen absieht, dann ist – unabhängig von gesellschaftlichen Normen, die eine Gesetzesbefolgung nahelegen, – dies ein ausreichender Hinweis dafür, daß nur mit geringen Vollzugsproblemen zu rechnen ist.

Ein Landwirt wird aus Eigeninteresse von Vertragsverletzungen absehen, wenn der Erwartungsnutzen der Vertragsverletzung kleiner als der Erwartungsnutzen der Vertragserfüllung ist. Da ein Landwirt auch immer die Option der Nichtteilnahme am Kompensationssystem wählen kann, ist eine Bedingung dafür, daß sich für ihn eine Vertragsverletzung „lohnt“, daß der Erwartungsnutzen der Vertragsverletzung positiv ist.

Im Fall der von uns vorgeschlagenen Kompensationszahlungen ist die Entdeckungswahrscheinlichkeit bei Vertragsverletzung hoch. Die Überprüfung, ob die Landwirte sich an die vertraglichen Vereinbarungen halten, ist einfach und ohne große Kosten durchzuführen. Es ist hierfür nur notwendig, daß ein Mitarbeiter der zuständigen Naturschutzbehörde kontrolliert, ob das entsprechende Wiesenstück tatsächlich gemäß der Vereinbarung gemäht wurde. Hinzu kommt, daß Störche in ländlichen Regionen oft als Attraktion empfunden werden, was eine aufmerksame Beobachtung der Storchenschutzmaßnahmen durch die Öffentlichkeit erwarten

²⁶ Vgl. Becker, G.S.: Crime and punishment: an economic approach. In: Journal of Political Economy. Jg.76 (1968), S.169-217.

läßt. Haben die Landwirte ihre (leicht beobachtbaren) Bewirtschaftungsmaßnahmen nicht vertragsgemäß durchgeführt, und kommt es zum (leicht beobachtbaren) Tod von Jungtieren, so ist es nicht unwahrscheinlich, daß die Information über die Vertragsverletzung durch die Landwirte auch an die Naturschutzbehörde heran getragen wird, ohne daß sie selbst Kontrolltätigkeiten ausüben muß.

Die hohe öffentliche Anteilnahme am Storchenschutz dürfte auch die Strafe bei entdeckter Vertragsverletzung beeinflussen. So müssen Landwirte neben der administrativen Strafe, die bei Agrarumweltprogrammen oft lediglich in der Rückzahlung der erhaltenen Kompensationszahlungen und dem Ausschluß aus dem Programm in den folgenden Jahren besteht, auch mit sozialen Sanktionen rechnen. Es dürfte für das soziale Ansehen eines Landwirtes sicherlich mit deutlichen Nachteilen verbunden sein, wenn er auf Grund des Nichteinhaltens eingegangener Verpflichtungen für den Tod von Jungstörchen verantwortlich gemacht wird. Aufgrund der hohen Entdeckungswahrscheinlichkeit von Vertragsverletzungen und den im Entdeckungsfall drohenden Sanktionen ist zu erwarten, daß die Landwirte, die sich bereit erklären, Storchenschutzmaßnahmen durchzuführen, dies auch tun werden.

Ergänzend zu dieser vom Eigeninteresse der Landwirte am Storchenschutz abstrahierenden Analyse ist noch einmal auf das sich in der von uns durchgeführten Befragung gezeigte Interesse der Landwirte am Storchenschutz hinzuweisen, daß einer effektiven Implementation sicherlich förderlich ist.

6. Ökologisch-ökonomische Modellierung (4. Stufe)

6.1 Problemformulierung

Die bisherigen Überlegungen zur Ausgestaltung der Kompensationszahlungen sind implizit davon ausgegangen, daß genug finanzielle Ressourcen zur Verfügung stehen, um bei allen existierenden Horsten im ökologischen Sinn optimale Storchenschutzmaßnahmen durchzuführen. Diese Annahme ist jedoch angesichts knapper Budgets für Natur- und Artenschutzmaßnahmen unrealistisch. Vor diesem Hintergrund ist zu analysieren, wie die Kompensationszahlungen modifiziert werden müssen, falls die Mittel für einen im ökologischen Sinn optimalen Storchenschutz nicht ausreichen. Die Zielstellung ist hierbei, die Kompensationszahlungen so auszugestalten, daß eine effiziente Mittelvergabe gewährleistet wird. Effizienz bedeutet in diesem Zusammenhang, daß die vorgegebenen Mittel so eingesetzt werden, daß

²⁷ Vgl. dazu z.B. Burby, R.J./Paterson, R.G.: Improving compliance with state environmental regulations. In:

die Anzahl der überlebenden Jungstörche maximiert wird. Die Behörde muß dabei sowohl die Höhe der Kompensationszahlungen festlegen als auch, welche Wiesen in welcher Woche und an welchem Horst gemäht werden sollen.

Bei der Festlegung der Höhe der Kompensationszahlungen ist die Behörde mit einem Trade-off konfrontiert. Je höher das Kompensationsangebot pro Woche ist, desto mehr Landwirte sind bereit, in der betreffenden Woche zu mähen und desto mehr Möglichkeiten bieten sich der Behörde, Landwirte zu erwünschten Mahdterminen einzuteilen. Gleichzeitig erhöhen sich bei wachsendem Kompensationsangebot aber auch die Kosten, die pro Mahd anfallen. So mögen beispielsweise bei einem Kompensationsangebot von 200 DM in der dritten Woche zwei Landwirte in der Region zur Mahd bereit sein, wobei eine Mahd in dieser Woche dann 200 DM kosten würde. Bei einem Kompensationsangebot von 300 DM wären neben den beiden ersten Landwirten vielleicht drei weitere zur Teilnahme bereit, was die Wahlmöglichkeiten der Behörde erhöhen würde; gleichzeitig müßten aber auch den beiden ersten Landwirten bei Teilnahme je 300 DM statt der ursprünglichen 200 DM gezahlt werden, und die Kosten würden auf 300 DM pro Mahd ansteigen.

In Abhängigkeit von der Höhe des Kompensationsangebots und der daraus resultierenden Bereitschaft der Landwirte, am Programm teilzunehmen, muß die Behörde aus den möglichen Mahdterminen diejenigen wählen, die bei gegebenen Kosten zur größtmöglichen Zahl überlebender Nestlinge führen. Welches die effizienten Zeitpunkte sind, hängt davon ab, wie viele weitere Landwirte in welchen Wochen zur Mahd bereit sind. Dabei muß allerdings berücksichtigt werden, daß wegen des begrenzten Budgets der Behörde eine höhere Zahl an Mahden in einem Horst zu Lasten der finanziell möglichen Mahden in einem anderen Horst geht. Mit anderen Worten, es muß für alle Horste der Region simultan entschieden werden, wann in welchem Horst eine Wiese gemäht werden soll, so daß die Zahl der überlebenden Nestlinge maximiert wird. Wir konzentrieren uns darauf, zu zeigen, wie viele Wiesen in der ersten, zweiten, etc. Woche gemäht werden sollten, und in wie vielen Horsten jeweils wie oft eine Mahd stattfinden sollte.

6.2 Methodisches Vorgehen

Aus der Notwendigkeit, für jede Woche und für jeden Horst zu entscheiden, ob gemäht werden soll oder nicht, und der Abhängigkeit dieser Entscheidung von Zahl und Zeitpunkt anderer Mahden, ergibt sich weiterer Klärungsbedarf durch die ökologische Modellierung: Es

reicht nicht mehr aus, zu wissen, wie die Gesamtzahl der Nestlinge von der Zahl der Mahden pro Horst bei ökologisch optimaler zeitlicher Terminierung abhängt (siehe Abb. 3). Deshalb wird für jedes erdenkliche Mahdregime ermittelt, wie viele Nestlinge überleben. Bei maximal fünf Mahden ist für jeden Horst ein Mahdregime definiert durch die Kombination von fünf binären Entscheidungen: Mahd in der ersten Woche ja oder nein, Mahd in der zweiten Woche ja oder nein, etc.

Für die Analyse gehen wir von 10 Horsten mit maximal je fünf Staffelmahdwiesen aus. Die wochenspezifischen Kompensationsforderungen für jede Wiese werden zufällig zugeordnet, d.h. für jeden Horst werden aus den befragten Landwirten fünf ausgewählt und deren Kompensationsforderungen für die Analyse zugrunde gelegt. Damit ist die für eine ökologisch-ökonomische Modellierung notwendige Integration der Kosteninformation erfolgt. Diese Vorgehensweise der zufälligen Auswahl ist zum einen praktisch einfacher durchzuführen und erlaubt gegenüber der konkreten Modellierung der exakten Gegebenheiten der Region eine bessere Generalisierung der Ergebnisse. Um für eine ganz bestimmte Region ein Förderprogramm zu entwickeln, würde man natürlich die spezifischen Gegebenheiten genau berücksichtigen müssen.

Um die optimalen Entscheidungen der Behörde bezüglich Höhe der Kompensationszahlungen und effiziente räumliche und zeitliche Verteilung der Mahden für ein gegebenes Budget zu ermitteln, wurde zunächst eine Kompensationsstrategie zufällig ausgewählt, d.h. für jede der fünf Wochen wurde das Kompensationsangebot der Behörde aus einer Gleichverteilung „ausgewürfelt“. Der kleinstmögliche Wert dabei war 0, der größtmögliche war die höchste in der Befragung von einem Landwirt in dieser Woche geforderte Summe. Aus dieser Subventionsstrategie ergab sich für jeden Horst eine „Teilnahmematrix“ der Landwirte, die Auskunft darüber gibt, welcher Landwirt in welcher Woche zur Mahd bereit ist.

Nun wurden für die ausgewählte Kompensationsstrategie alle diesen Teilnahmematrizen entsprechenden Mahdregimes gebildet und für jedes die Gesamtkosten (Summe aller Kompensationszahlungen) und der Gesamtnutzen (Summe aller Nestlinge) ermittelt. Aus diesen wurden die effizienten Mahdregimes ermittelt, d.h. diejenigen, bei denen es kein anderes Mahdregime gibt, das bei gleichen oder geringeren Kosten einen höheren Nutzen bzw. bei geringeren Kosten denselben Nutzen erzielt. Das Ergebnis kann in einem Kosten-Nutzen-Diagramm als Kurve aller effizienten Mahdregimes für die gewählte Kompensationsstrategie abgebildet werden. Zu jedem Punkt dieser Kurve wurde festgehalten, wann um welchem Horst gemäht wird. Für die ausgewählten Kompensationsangebote kann man aus dieser Kurve ablesen, wel-

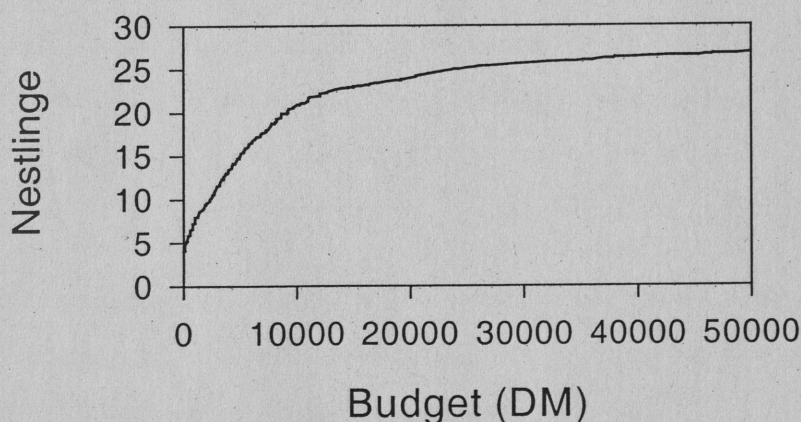
cher Nutzen sich bei welchen Kosten (Gesamtbudget) maximal erzielen läßt und wie dazu die Mahden auf die Horste und Wochen verteilt werden müssen.

Da die Analyse bisher von einer einzigen zufällig ausgewählten Kompensationsstrategie ausgegangen ist, ist schließlich noch die Frage zu beantworten, welches die beste Kompensationsstrategie ist. Es ist aufgrund der Komplexität des numerischen Optimierungsproblems nicht möglich, diese Frage in voller Allgemeinheit zu beantworten, sondern lediglich, die beste Strategie aus einer endlichen Menge auszuwählen. Deshalb wurden 1000 verschiedene Strategien gemäß dem oben beschriebenen Verfahren zufällig ausgewählt und analysiert. Das Ergebnis ist eine effiziente Nutzen-Kosten-Kurve für jede Strategie. Aus der Gesamtheit der 1000 Nutzen-Kosten-Kurven wurden die im Hinblick auf alle Kompensationsstrategien effizienten Punkte bestimmt. Für jeden Punkt dieser nun für *alle* Kompensationsstrategien effizienten Nutzen-Kosten-Kurve wurde die zugehörige Subventionsstrategie festgehalten, nebst der Information, wann um welchen Horst gemäht wird.

6.3 Effiziente Allokation der Fördermittel

Abbildung 6 zeigt die effiziente Kosten-Nutzen-Funktion für die Gesamtheit der 10 Horste, also die Zahl überlebender Nestlinge als Funktion der Höhe des zur Verfügung stehenden Budgets.

Abbildung 6: Zahl der überlebenden Nestlinge in Abhängigkeit vom Budget.



Die Abbildung spiegelt die Graphik „Überlebende Junge in Abhängigkeit von der Anzahl der an einer Staffelmahd beteiligten Wiesen“ (Abb.3) wider: Dort wächst die Zahl der Nestlinge

in einem Horst zunächst schnell mit der Zahl der an der Staffelmahd teilnehmenden Wiesen, nähert sich dann jedoch einem Sättigungswert. Analog nähert sich hier die Gesamtzahl der Nestlinge in den 10 Horsten einem Sättigungswert, der auch bei weiter wachsendem Budget nicht überschritten werden kann.

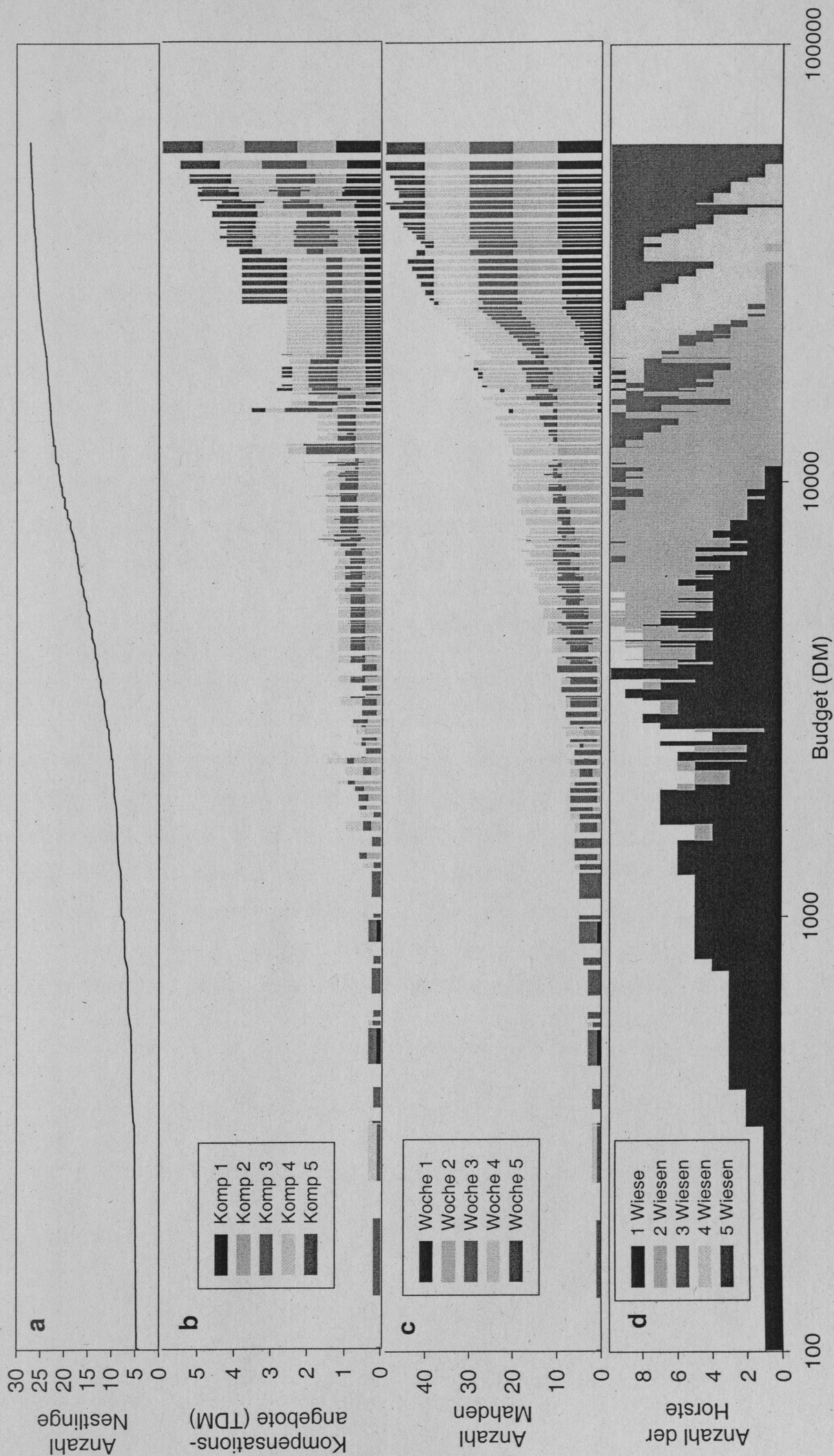
Interessant ist nun die Frage, wie das Budget zeitlich und räumlich über die Wochen und Horste verteilt werden muß (Abb. 7). Um einen besseren Überblick zu haben, zeigt Abbildung 7.a noch einmal dieselbe Information wie Abb. 6. Auf Grund der besseren Darstellbarkeit ist die Budgethöhe jedoch in logarithmischem Maßstab aufgetragen. Abbildung 7.c zeigt, wie viele Wiesen jeweils in der dritten, vierten, etc. Woche gemäht werden sollen. Bei kleinem Budget um 1.000 DM sollte in der dritten Woche gemäht werden. Mit wachsendem Budget (ab einer Höhe von etwa 3.000 DM) sollten die Mahden auf die Wochen zwei und vier, danach auf die Wochen zwei, drei und vier verteilt werden. Bei großen Budgets ab 30.000 DM sollten Mahden zusätzlich auch in der ersten und schließlich auch in der fünften Woche stattfinden.

Abbildung 7.d zeigt, daß die Mahden ziemlich gleichmäßig über alle Horste verteilt werden sollten. Bei kleinem Budget (< 2.000 DM) sind alle Balken schwarz und reichen noch nicht ganz nach oben. Das bedeutet, daß hier in einem Teil der 10 Horste gar nicht, in den übrigen genau je einmal gemäht werden sollte. Bei Budgethöhen zwischen 2.000 und 10.000 DM reichen die Balken im allgemein ganz nach oben, das heißt um jeden der 10 Horste wird mindestens einmal in den Wochen eins bis fünf gemäht. Die Balken setzen sich jeweils aus einem schwarzen und einem hellgrauen Teilstück zusammen. Das bedeutet, daß in jedem der 10 Horste entweder genau je einmal oder genau je zweimal gemäht wird. Analog kann man die Abbildung für höhere Budgets lesen: Bei Budgethöhen von 10.000 bis 20.000 sollten zwei bis drei Wiesen pro Horst gemäht werden, bei Budgethöhen von 20.000 bis 30.000 DM sind es drei bis vier Wiesen und darüber vier bis fünf Wiesen pro Horst.

Insgesamt sieht man, daß die Mahden gleichmäßig über die 10 Horste verteilt werden sollten, also daß nicht z.B. in der Hälfte aller Horste je fünfmal und in der anderen Hälfte überhaupt nicht gemäht wird. Dies wäre eine räumlich ungleichmäßige Verteilung. Ein plausibler Grund für die Zweckmäßigkeit einer räumlich gleichmäßigen Verteilung der Mahdtermine über die Horste liegt vor allem in der Abnahme des Grenznutzens, d.h. des Zuwachses an Nestlingen, mit zunehmender Zahl von Wiesen in der Staffelmahd (Abschnitt 4.3). Gleichzeitig sind die Kosten einer zusätzlichen Mahd etwa konstant, da diese nur leicht vom Termin abhängen (Abb. 4). Mit anderen Worten, fügt man einem Horst ohne Wiesen mit Staffelmahd eine Wie-

Abbildung 7:

- Anzahl überlebender Nestlinge in Abhängigkeit vom Budget. Das Budget ist logarithmisch aufgetragen
- Effiziente Kompensationsangebote für die Wochen 1-5 in Abhängigkeit vom Budget
- Anzahl der Mahden in der ersten, zweiten, ..., fünften Woche
- Anzahl der Horste mit einem, zwei, ..., fünf Mahdterminen



se hinzu, so ist bei gleichem Kostenaufwand der zusätzliche Nutzen (Zuwachs an Nestlingen) höher als bei einem Horst mit schon vier an der Staffelmahd teilnehmenden Wiesen. Dies führt dazu, daß alle Horste etwa die gleiche Zahl von an der Staffelmahd teilnehmenden Wiesen haben sollten, also zu einer räumlich gleichmäßigen Allokation der Fördermittel.²⁸

Zuletzt kann man noch fragen, wie die angebotenen Kompensationszahlungen auszusehen haben. Nach Abb. 7.b spiegeln diese die angestrebten Mahdtermine wider. Das heißt, daß bei kleinen Budget Kompensationszahlungen nur für die mittleren Wochen (3, 2 und 4 bzw. 2 bis 4) angeboten werden sollten und zwar grob 500 DM pro Mahd. Jenseits einer Budgethöhe von etwa 20.000 sollten auch für die Wochen 1 und 5 Kompensationsangebote gemacht werden, wobei in den späten Wochen (4 und 5) höhere Summen (etwa 1.000 DM pro Mahd) angeboten werden sollten, um auch hier genügend viele Landwirte zur Teilnahme an der Staffelmahd zu motivieren, da hier tendenziell höhere Kompensationszahlungen verlangt werden.

7. Zusammenfassung der Ergebnisse

Wir haben ein vierstufiges methodisches Verfahren zur Entwicklung von ökonomisch effizienten und ökologisch effektiven Instrumenten des Artenschutzes vorgestellt und die Vorgehensweise an Hand der Entwicklung eines Kompensationssystems zum Schutz des Weißstorchs illustriert. Mit dem Verfahren können Schutzstrategien für eine Art in allgemeiner Form identifiziert und unter Verwendung ökologischer Modellierung präzisiert und optimiert werden. Mit Hilfe von Erkenntnissen der umweltökonomischen Instrumentenanalyse kann ein umweltpolitisches Instrument zur Umsetzung dieser optimalen Schutzstrategien geschaffen werden. Die ökologisch-ökonomische Modellierung zeigt, wie dieses Instrument modifiziert werden muß, wenn das Budget zur Finanzierung der optimalen Schutzmaßnahmen nicht ausreicht.

²⁸ Ähnliche Ergebnisse finden sich in der allgemeinen Modelluntersuchung von Drechsler, M., Wätzold F. 2000. The importance of economic costs in the development of guidelines for spatial conservation management, a.a.O.

Als UFZ-Diskussionspapiere sind bisher erschienen:

Published UFZ-Discussion Papers:

1/1998	Bernd Klauer	Was ist Nachhaltigkeit und wie kann man eine nachhaltige Entwicklung erreichen?
2/1998	Frank Wätzold	Efficiency and applicability of economic concepts dealing with environmental uncertainty. A critical analysis
3/1998	Raimund Krumm	Produktivitätsorientierte Steuer-Subvention-Systeme auf der Basis von Emissionsintensitäten
4/1998	Irene Ring, Karin Frank, Georg Kneer	Incentives for nature conservation in urban landscapes
5/1998	Irene Ring	Zum Einsatz ökonomischer Instrumente der Umweltpolitik: Ausgewählte Ergebnisse der Städteumfrage 1997
6/1998	Raimund Krumm	Die sektorale Emissionssteuer mit outputdeterminierter Partialredistribution: Konzeption und Anwendung
1/1999	Martin Drechsler, Frank Wätzold	Towards an efficient spatial allocation of biodiversity-enhancing farming practises
2/1999	Bernd Klauer	Pricing in ecosystems: a generalized linear production model
3/1999	Raimund Krumm	Das "Lokale Agenda 21"-Konzept unter deutschen Rahmenbedingungen: eine wirtschaftswissenschaftliche Bewertung
4/1999	Bernd Klauer, Frank Messner, Felix Herzog	Supporting Decisions on Conflicting Land-uses: an Integrated Ecological-economic Approach
5/1999	Alexandra Bültmann, Frank Wätzold	Die wirtschaftsnahe Ausgestaltung des Öko-Audit-Systems in Deutschland: Erfahrungen und Analyse
6/1999	Arbeitskreis Suburbanisierung	Ostdeutsche Stadt-Umland-Regionen unter Suburbanisierungsdruck – Positionspapier
1/2000	Frank Messner	Nicht-erneuerbare Massenressourcen zwischen Dematerialisierung, Transmaterialisierung und globaler Umweltbelastung - eine empirische Analyse
2/2000	Irene Ring	Intergovernmental Fiscal Relations and Regional Sustainability

3/2000	Juliane Jörissen, Georg Kneer, Dieter Rink	Synopse zur Umsetzung des Leitbildes der Nachhaltigkeit in konzeptionellen Studien und nationalen Plänen
4/2000	Frank Wätzold, Alexandra Bültmann, Malcolm Eames, Kris R.D. Lulofs, Simone Schucht	EMAS II and regulatory relief in Europe: Lessons from national experience
5/2000	Frank Messner	Ansätze zur Bewertung von Naturqualitäten im regionalen Entwicklungsprozess
6/2000	Raimund Krumm	SEOP-Quersubventionierung zwischen Stromproduzenten als Komplementärkonzept zur Elektrizitätssteuer?
7/2000	Frank Wätzold, Alexandra Bültmann	Wie viele Unternehmen sollten an einem Umweltmanagementstandard teilnehmen? Ökonomische Analyse und wirtschaftspolitische Implikationen
8/2000	Raimund Krumm	Budgetäre Implikationen nachhaltigkeits- kompatibler Rahmenbedingungen bezüglich des kommunalen Flächenmanagements
9/2000	Martin Drechsler	Die Bewertung von Biodiversitätsschutz- maßnahmen mit Hilfe multikriterieller Analyse
10/2000	Frank Wätzold, Karin Johst, Martin Drechsler	Die Entwicklung von effizienten und effektiven umweltpolitischen Instrumenten für den Artenschutz: Eine interdisziplinäre Vorgehensweise erläutert am Beispiel eines Schutzkonzpts für den Weißstorch

UFZ-Diskussionspapiere können jeweils bei den Autoren am UFZ-Umwelt-
forschungszentrum Leipzig-Halle, PF 2, 04301 Leipzig bezogen werden.

*UFZ-Discussion Papers can be ordered from the authors at the UFZ Centre for
Environmental Research Leipzig-Halle, P.O. Box 2, D-04301 Leipzig, Germany.*