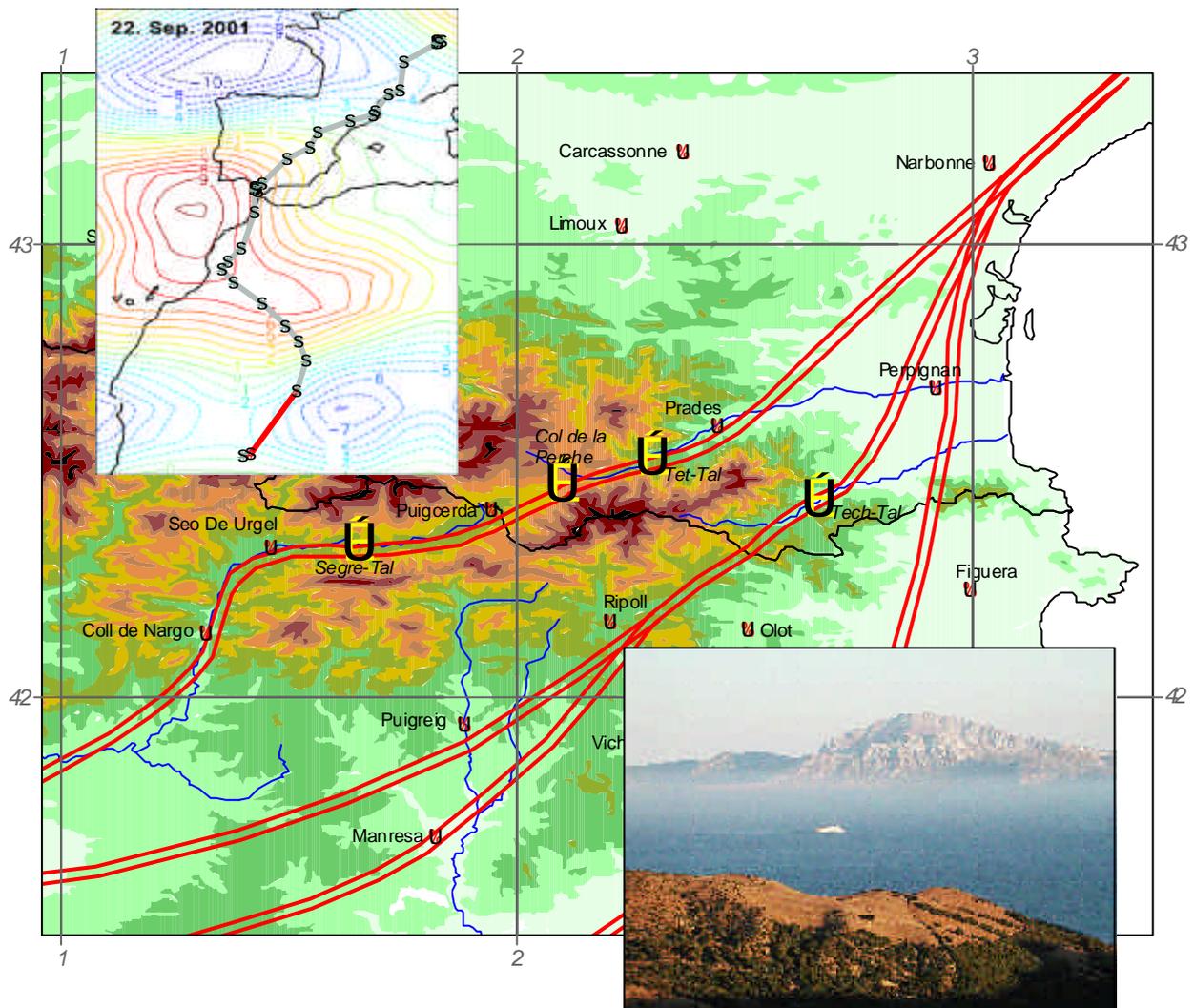


Zugrouten und Zugverhalten besonderter Weissstörche (*C. ciconia*) der westziehenden Population



© 2003 Dr. Holger Schulz

Ergebnisse aus dem Projekt „SOS Storch“
Projektträger: „Storch Schweiz“ (Schweiz. Gesellsch. für den Weissstorch)

Jegliche Verwendung und weitere Verarbeitung der Ergebnisse und Abbildungen aus dieser Arbeit ist nur möglich mit schriftlicher Genehmigung von Autor und Projektträger

Zugrouten und Zugverhalten besonderter Weissstörche (*Ciconia ciconia*) der westziehenden Population

© 2003 Dr. Holger Schulz, Bergenhusen

*Ergebnisse aus dem Projekt „SOS Storch“
Projektträger: „Storch Schweiz“ (Schweiz. Gesellsch. für den Weissstorch)*

Jegliche Verwendung und weitere Verarbeitung der Ergebnisse und Abbildungen aus dieser Arbeit ist nur möglich mit schriftlicher Genehmigung von Autor und Projektträger

INHALT

1	EINLEITUNG	4
2	METHODEN	4
3	ERGEBNISSE	5
3.1	Verlauf der Zugrouten	5
3.1.1	„Typische“ Zugrouten der Westzieher	5
3.1.2	„Untypische“ Zugrouten	8
3.1.2.1	Westumfliegung der Pyrenäen	8
3.1.2.2	Zug über Sardinien	9
3.1.2.3	Zug über Italien	10
3.1.2.4	Zug auf der Ostroute	12
3.1.2.5	Innerafrikanischer Zug	12
3.2	Faktoren, die den Verlauf der Zugrouten beeinflussen	13
3.2.1	Schweiz/Frankreich (Topografie, Leitlinien Täler und Küsten)	13
3.2.2	Pyrenäen (Topografie, Überfliegen von Gebirgspässen)	13
3.2.3	Spanien (Topografie, Umfliegung von Gebirgen)	16

3.2.4	Meerenge von Gibraltar („Nahrungsflüge“ über Meerenge)	17
3.2.4.1	<i>Senderstorch Heinz</i>	19
3.2.4.2	<i>Senderstorch Marie</i>	20
3.2.4.3	<i>Senderstorch Roger</i>	20
3.2.5	Marokko (Umfliegung und Überquerung des Hohen Atlas).....	22
3.2.6	Sahara (Zugrouten und Winddrift)	23
3.3	Zuggemeinschaften	28
3.3.1	Senderstörche David, Eugen, Gantenbein, Jeanot und Kurzi	28
3.3.2	Senderstörche Basilisk und Ciconia	29
3.3.3	Senderstörche Walter und Ernst.....	30
3.3.4	Senderstörche Lise, Robert und Werner	30
3.3.5	Senderstörche Kasimir und Pumpi.....	30
3.4	Zeitlicher Verlauf des Zuges	31
3.4.1	Teilstrecke Schweiz bis Südspanien	31
3.4.1.1	<i>Abzug aus der Schweiz</i>	31
3.4.1.2	<i>Aufenthaltsdauer (stopover) in Südspanien</i>	32
3.4.2	Teilstrecke Südspanien bis Mauretanien/Mali	33
3.4.2.1	<i>Ankunft im westafrikanischen Überwinterungsgebiet</i>	33
3.4.2.2	<i>Aufenthaltsdauer im westafrikanischen Überwinterungsgebiet</i>	34
3.5	Zuggeschwindigkeit	34
3.6	Zugdauer	36

1 EINLEITUNG

Im Rahmen des Projekts „SOS Storch“ wurden in den Jahren 2000 und 2001 insgesamt 45 verschiedene Weissstörche mit Satellitensendern versehen. Ziel des Projekts war es, artenschutzrelevante Informationen über die ziehenden Weissstörche zu sammeln.

Für die Planung grenzüberschreitender Schutzstrategien ist es erforderlich, genaue Kenntnis über die Zugrouten und den zeitlichen und räumlichen Verlauf des Zuges und der Überwinterung zu haben. Durch Ringrückmeldungen waren die Zugrouten sowie Rast- und Überwinterungsgebiete zwar in groben Zügen bekannt. Details fehlten jedoch, abgesehen von einigen Erkenntnissen aus Zufallsbeobachtungen. Das Projekt „SOS Storch“ lieferte nach 2-jähriger Laufzeit eine Fülle von Informationen und Fakten, die erstmals eine detaillierte Darstellung der Zugrouten und des Zugablaufs ermöglichten.

In dem folgenden Teilbericht über Zugrouten und Zugverhalten der besenderten Störche werden die Zugrouten beschrieben und Faktoren analysiert, die den Verlauf der Zugrouten beeinflussen (Topografie, Klima usw.). Zugverlauf, Tages-Zugstrecken und Anzahl Zugtage für definierte Teilstrecken werden dargestellt und das Timing, d.h. der zeitliche Ablauf des Zuges (z.B. Abzug- und Rückkehrdaten) werden vorgestellt. Die eigentlichen Überwinterungsgebiete sowie Rastplätze während des Zuges sind dagegen Themen zweier anderer Abschlussberichte und werden deshalb hier nicht behandelt.

Viele der in diesem Bericht dargestellten neu gewonnenen Fakten sind das Resultat der Kombination der Auswertung der Satellitendaten, der „Begleitung“ der ziehenden Störche durch Bodenteams und der Korrelation der gewonnenen Zuginformationen mit anderen, bereits vorliegenden Daten, beispielsweise zu Klima, Topographie usw..

2 METHODEN

In den Auswertungen über Zugrouten und Zugverhalten der besenderten Störche wurden überwiegend „bereinigte“ Satellitendaten verwendet. D.h., dass aus der Gesamtheit des Datenmaterials pro Vogel und Tag jeweils ein sehr guter Datensatz ausgewählt wurde, bevorzugt Übernachtungskordinaten, so dass akkurate Berechnungen von Tageszugleistungen, Zuggeschwindigkeiten usw. möglich wurden. Bei einigen Fragestellungen, beispielsweise bei der möglichst detailgetreuen Ermittlung von Zugrouten über Gebirgszüge, wurden dagegen alle geeigneten Datensätze einbezogen.

Alle Satellitenkoordinaten befanden sich in einer Access-Datenbank, aus der die Daten in ein geografisches Informationssystem (ArcView 3.2 GIS) übernommen wurden. Die erforderlichen Analysen, Berechnungen usw. erfolgten fast ausnahmslos direkt innerhalb des GIS (z.B. Messung zurückgelegter Strecken, Flächen und topografischer Profile), wobei für viele Fragestellungen spezielle „Extensions“ (Erweiterungen des GIS-

Programms) eingesetzt wurden. Umweltdaten wie die in diesem Bericht verwendeten Windvektor-Modelldaten, wurden aus unterschiedlichsten Internetquellen entnommen.

Folgendes Kartenmaterial wurde hauptsächlich eingesetzt:

- Detailkarten einzelner Länder aus der Digital Chart of the World (DCW von ESRI, ArcView/ArcINFO Kartenlayer Topografie, Gewässer, Höhenlinien, Ortschaften usw.);
- Topografische Profile von ESRI (für ArcView);
- Michelin-Karten Westafrika (1:4.000.000), Spanien/Portugal (1:1.000.000) und Frankreich (1:1.000.000) für erste Orientierung;
- Digital Tactical Pilot Chart (TCP 1:500.000) von ganz Europa (BSB-Format), verwendet mit Touratech QV Navigations-Software;
- Russische digitale Militärkarten (1:500.000) von ganz Westafrika (png-Format, konvertiert in jpg und nach Georeferenzierung eingebunden in ArcView GIS);
- Digitale LandSat Satellitenbilder (Auflösung 30m pro Pixel) von Nord- und Westafrika, Mittlerem Osten und Mitteleuropa (sid-Format, verwendet mit Touratech QV Software, sidReader Software und, nach Konvertierung in GeoTiff, eingebunden in ArcView GIS).

Details zur Methodik werden, wo erforderlich, bei den einzelnen Kapiteln beschrieben.

3 ERGEBNISSE

3.1 Verlauf der Zugrouten

3.1.1 „Typische“ Zugrouten

Abb.1 zeigt eine Karte der Zugbewegungen aller „echten“ Westzieher. 2 Vögel, die auf der Ostroute nach Nordostafrika zogen, sowie ein Italienzieher und ein über Sardinien ziehender Vogel sind in der Grafik nicht enthalten, ebenso fehlt die Route des Vogels, der die Pyrenäen im Westen umflog. Auf der Grafik steht nicht jede Linie für einen Vogel, sondern für eine einzige geflogene Zugroute (einige Vögel sind deshalb mit mehreren Zugrouten enthalten). Die dargestellten individuellen Zugwege bestehen aus Verbindungslinien zwischen bereinigten Übernachtungskordinaten.

Die Karte verdeutlicht, dass die Zugrouten von der Schweiz bis nach Marokko eng gebündelt verlaufen, mit zwei besonderen „Konzentrationsbereichen“ (Bottle necks), einem am Ostrand der Pyrenäen und einem weiteren an der Strasse von Gibraltar. Die Breite des Haupt-Zugkorridors beträgt auf der gesamten Strecke durch Europa nur etwa 100-120 km, im Süden Spaniens erweitern einzelne individuelle Routen den Korridor auf teilweise fast 300 km.

Bereits im Norden Marokkos fächert der Zugkorridor weit auf. Die Zugrouten verlaufen über der Sahara wesentlich lockerer und weniger gebündelt als in Europa, der „Korri-

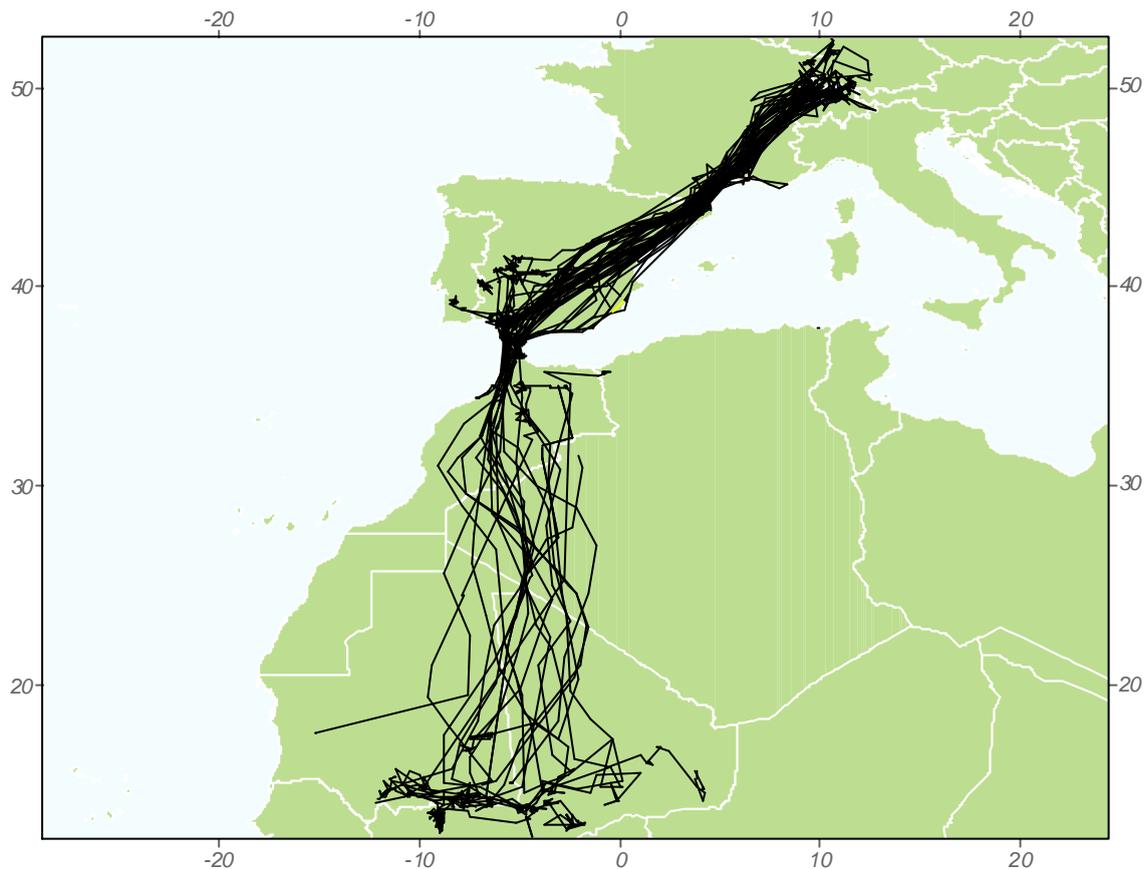


Abb. 1: Zugrouten aller besenderten Weissstörche. Eingezeichnet sind ausschliesslich „echte“ Westzieher, „untypische“ Routen sind nicht berücksichtigt

der“ besitzt dort eine Breite von 400-600 km. Weiterhin fällt auf, dass die individuellen Zugwege über der Sahara sehr „kurvig“ verlaufen, und zwar offensichtlich nicht entlang vorhandener topografischer Leitlinien, da die „Kurven“ für die verschiedenen Vögel sehr unterschiedlich sind.

Der Verlauf des Zuges, wie er sich in der Skizze der Zugrouten darstellt, entspricht in groben Zügen dem Bild, das sich auch aus Ringrückmeldungen ablesen lässt:

Fast alle Vögel verliessen die Schweiz über den Genfer See, folgten dann der Rhone bis etwa nach Belley, verliessen dort jedoch das Rhonetal und schnitten den Rhonebogen zwischen Lyon und Belley ab, um nördlich von Valence nach Flug in SW-Richtung das Rhonetal wieder zu erreichen. Vögel, die im Elsass beringt wurden, flogen von Anfang an etwas weiter westlich (westlich des Jura), um dann ebenfalls spätestens bei Valence in das Rhonetal zu gelangen.

Von Valence aus folgen die Vögel dem Rhonetal bis etwa Orange. Dort beginnt die Rhone einen Bogen nach Südosten. Die meisten Sendervögel nahmen von hier an jedoch eine deutlich südwestliche Zugrichtung ein und erreichten auf die Weg über Nimes die südfranzösische Küstenebene bei Montpellier. Bis etwa Narbonne hielten sie sich dann dicht an der Küstenlinie. Südlich von Narbonne biegt die Küstenlinie nach

Süden ab, nahe der spanischen Grenze verläuft sie sogar nach Südosten. Die Vögel verlassen deshalb etwa auf Höhe Narbonne die „Leitlinie“ Küste und ziehen etwa in SSW-Richtung weiter Richtung Pyrenäen. Der Gebirgszug der Pyrenäen wird entweder im Westen umflogen, oder seine westlichen Ausläufer werden bis zu etwa 120 km landeinwärts überflogen (Details siehe Kap. 3.2.2).

Südlich der Pyrenäen halten die Vögel ihre SW-Zugorientierung bei, es bilden sich jedoch bei genauer Betrachtung unterschiedliche „Stränge“ innerhalb des Zugkorridors. Ein Teil der Vögel folgt bis etwa zur Höhe von Valencia grob der spanischen Mittelmeerküste und fliegt von da aus weiter in südwestlicher Richtung über das Landesinnere zur Südspitze Spaniens. Diese Vögel halten von Katalonien bis Tarifa fast durchgehend eine strenge SW-Orientierung ein. Ein anderer Teil der Vögel fliegt nach Überquerung der Pyrenäen weiter landeinwärts und erreicht das Ebrotal etwa bei Llerida in Nordspanien. Von dort aus folgen diese Vögel in 2 Strängen etwa der SW-Richtung und erreichen die Südspitze Spanien häufig ca. 100 km nordwestlich von Tarifa. Eine Ursache für diese Aufspaltung des Zugkorridors über Spanien ist auf der Gesamtkarte aller Routen nicht zu erkennen (Details siehe Kap. 3.2.3).

Die Strasse von Gibraltar wird erwartungsgemäss auf sehr enger Front überflogen (siehe Kap. 3.2.4). In Marokko orientieren sich die Vögel in südlicher bis südsüdwestlicher Richtung, umfliegen den Mittleren Atlas im Westen und stossen dann, etwa zwischen Marrakech und Midelt, auf den Hohen Atlas. Details zur Überquerung des Atlas-Gebirges siehe Kap. 3.2.5.

Südlich des Atlas-Gebirges wird die Zugfront schnell sehr breit. Die Vögel überfliegen von hier an etwa 1.500 km Wüste. Die mittlere Zugrichtung verläuft streng nach Süden, wenngleich die individuellen Routen stark kurvenförmig verlaufen. Die Front erstreckt sich über den NS-Grenzbereich Mauretaniens-Mali, etwa zu $\frac{3}{4}$ über Mali und nur $\frac{1}{4}$ über Mauretaniens (2°W bis 9°W). Etwa auf 16°N endet der N-S-Zug, die Vögel erreichen hier ihr Überwinterungsgebiet und bewegen sich überwiegend in einer Ost-West-Richtung. Eigentlich wäre gerade beim Flug über die Sahara, in der sich weder Nahrungsressourcen noch Wasser finden, ein strikter wegsparender Nord-Süd-Zug auf schmaler Front zu erwarten gewesen. Erklärungen für die kurvenförmigen „Umwege“ während der Sahara-Überfliegen siehe Kap. 3.2.6.

Der „Heimzug“ von Süd nach Nord erfolgt etwa auf den gleichen Routen wie der N-S-Zug. Lediglich im Norden Marokkos kommt es gelegentlich zu Abweichungen von der Route der N-S-Zuges, die durch die topografische Leitlinienfunktion des Atlasgebirges verursacht werden.

Die innerhalb Europas zurückgelegte Flugstrecke beträgt etwa 1.800 km Luftlinie, von Südspanien bis ins Winterquartier im Grenzbereich Mauretaniens/Mali sind es etwa 2.300 km. Eine Zugstrecke umfasst somit mindestens 4.100 km, im allgemeinen deutlich mehr, da die Vögel nicht auf der „Ideallinie“ fliegen. Hin- und Rückweg zusammen bedeuten einen Weg von bis zu etwa 10.000 km.

3.1.2 „Untypische“ Zugrouten

Neben den oben beschriebenen „typischen“ Zugrouten zogen einige der besenderten Vögel auf für Westzieher aus der Schweiz, dem Elsass und Südwest-Deutschland ungewöhnlichen Routen nach Süden. Diese Routen sollen im folgenden kurz vorgestellt werden. Auf eine weitere Analyse der jeweiligen Routen (Tagesstrecken usw.) wird verzichtet – da es sich jeweils um Einzelfälle handelt, ist der Stichprobenumfang für eine zuverlässige Auswertung zu gering.

3.1.2.1 Westumfliegung der Pyrenäen (Abb.2)

Ein einziger Vogel (Senderstorch „Heinz“) folgte nicht der üblichen Route durch das Rhonetal zum Mittelmeer, sondern flog von der Schweiz aus in mehr südwestlicher Richtung über das französische Zentralmassiv zum Nordrand der Pyrenäen. Nördlich der Pyrenäen flog er dann, immer am Fuss der Pyrenäen, nach Westen, umrundete die Pyrenäen im Westen, nahe der Atlantikküste, und flog dann in SSW-Richtung durch Zentralspanien in die Südspitze Spaniens (Abb.2). Die Zugstrecken des gleichen Vogels in späteren Zugphasen folgten dagegen der „typischen“ Route durch Ostspanien und über die Ostausläufer der Pyrenäen.



Abb.2: „Untypische“ Westumfliegung der Pyrenäen, Senderstorch „Heinz“, N-S-Zug Herbst 2000

3.1.2.2 Zug über Sardinien (Abb.3)

Der Senderstorch „Walter“ zog im September 2000 gemeinsam mit dem Senderstorch „Ernst“ und 28 weiteren unbesenderten Jungstörchen zuerst „typisch“ entlang des Rhonetals Richtung Süden. Die Vögel verliessen dann jedoch nicht, wie üblich, etwa bei Orange das Rhonetal, sondern setzten den Zug fort bis in die Rhonemündung. Von dort aus flogen sie nicht nach Westen, Richtung Pyrenäen, sondern schlugen einen östlichen Kurs ein und gelangten nach Saint Tropez. Während der Senderstorch „Ernst“ dort umkehrte und zurück in die Camargue und weiter zum Pyrenäenfuss zog, flog „Walter“, wahrscheinlich gemeinsam mit dem Grossteil der anderen Vögel seines Trupps, 310 km weit (!) über das Mittelmeer zur Nordspitze Sardinien. Von der Südspitze Sardinien aus versuchte er schliesslich, durch eine weitere Meeresüberfliegung nach Tunesien zu gelangen, stürzte aber nach 150 km offenbar ins Meer, nur 43 km von der tunesischen Küste entfernt.

Der Verlauf des Zuges dieses Vogels und seiner „Begleiter“ zeigt verschiedene interessante Fakten auf:

1. Wenn Weissstörche der Rhone bis zur Mündung folgen und geringfügig östlich der Rhonemündung ans Mittelmeer gelangen, dann kann die hier nach ESE verlaufende Küstenlinie die Vögel verleiten, dieser in die „falsche“ Richtung zu folgen, also den



Abb.3: „Untypischer“ Zug des Senderstorchs „Walter“ (S-N-Zug Herbst 2000) über Saint-Tropez/SE-Frankreich und Sardinien. Im Meer vor Tunesien ertrunken

scheinbar einfachsten Weg nach Süden einzuschlagen. Vögel dagegen, die schon vor Erreichen des Rhonedeltas das Rhonetal nach Südwesten verlassen, gelangen auf die in südwestlicher Richtung verlaufende Küstenlinie und werden von dieser „typisch“ zu den Pyrenäen und weiter geleitet. Offensichtlich ist also während des Zuges durch Europa die grundsätzliche SW-Orientierung – und somit das Verlassen des Rhonetals bei Orange - von überlebenswichtiger Bedeutung für das Erreichen des Überwinterungsgebietes. Die beiden Senderstörche waren möglicherweise von Vögeln mit „echter“ SE-Orientierung mitgerissen worden, denn bei ihrer Beobachtung bei Saint Tropez wurden in dem Trupp auch 3 in Tschechien beringte Weissstörche festgestellt.

2. Dass der Sendervogel bei Saint Tropez nicht weiter der Küste Richtung Osten folgte, sondern die Südost-Richtung nach Sardinien einschlug, ist vermutlich darauf zurückzuführen, dass ab Saint Tropez die französische Küstenlinie nicht mehr südöstlich orientiert ist, sondern hier nach Nordosten abbiegt. Die Südorientierung des Zuges überwog vermutlich in diesem Fall die Leitlinienfunktion der Küstenlinie.

3. Die „Entscheidung“ des zweiten Senderstorchs, nicht den anderen Vögeln über das Mittelmeer in Richtung Sardinien zu folgen, sondern in WNW-Richtung zurück zur Rhonemündung zu fliegen und dann auf die „typische“ Zugroute zu gelangen, lässt sich vermutlich folgendermassen erklären: Dem Vogel blieb, wollte er die Meeresüberquerung vermeiden, aber einer Küstenlinie folgen, nur die Wahl zwischen der Orientierung nach NNW oder NNE. Die Westkomponente der Zugorientierung war somit möglicherweise der Auslöser für die Rückkehr auf den „typischen“ Zugweg.

4. Weissstörche können, unter bestimmten klimatischen Bedingungen, erheblich grössere Strecken über das offene Meer zurücklegen, als bisher angenommen worden war (siehe auch Kap. 3.2.4).

3.1.2.3 Zug über Italien (Abb.4)

Der Senderstorch „Burgi“ flog nach seinem Abzug aus der Schweiz zunächst auf der „typischen“ Zugroute im Rhonetal bis Valence, folgte dann aber nicht dem Tal weiter Richtung Süden, sondern zog von hier aus in SSE-Richtung zum Mittelmeer und weiter in E-Richtung nach Italien. Zügig flog er durch Italien bis nach Reggio di Calabria an der Strasse von Messina. Dort versuchte der Vogel, zusammen mit einigen anderen, nicht besenderten Störche, über die Meerenge nach Sizilien zu gelangen. Da starker Wind (9-11 m/sec) dies verhinderte, zog der Vogel nach 1 Tag zurück (!) nach Mittelitalien nahe Rom, hielt sich dort alleine (!) etwa 4 Wochen lang auf und zog danach wieder Richtung SE, wo sich seine Spur verliert. Es ist bekannt, dass jährlich wahrscheinlich mehr als 1.000 Weissstörche auf der „Mittleren Zugroute“ über Italien, Sizilien und Tunesien in die Überwinterungsgebiete ziehen. Ringfunde wiesen schon früher darauf hin, dass zumindest gelegentlich auch schweizerische und südwestdeutsche Störche diese Route wählen. Eine Erklärung für das frühzeitige Abweichen des Senderstorchs „Burgi“ vom Rhonetal in eher südöstlicher Richtung liegt nicht vor. Ungewöhnlich ist auch die Tatsache, dass der Vogel bereits nach nur einem „Sturmtag“ an der Strasse von Messina den Versuch zum Überflug nach Sizilien aufgab und nach Mittelitalien zurückkehrte. Dies widerspricht den Beobachtungen an anderen Meerengen, dass Weissstörche sich dort so lange aufhalten, bis günstigere klimatische Verhältnisse die Überquerung ermöglichen.



Abb.4: „Untypischer“ Zug des Senderstorchs „Burgi“ (N-S-Zug 2001) über Italien und Rückkehr von der Strasse von Messina nach Mittelitalien



Abb.5: „Untypischer Zug“ zweier Senderstörche (rot/gelb: „Kasimir“, grün/blau: „Pumpi“) auf der Ostroute, N-S-Zug Herbst 2001

3.1.2.4 Zug auf der Ostroute (Abb.5)

Zwei Senderstörche („Kasimir“ und „Pumpi“) zogen auf der regulären Route der Ostzieher nach Sudan bzw. Tschad und überwinterten dort bis zum Verstummen der Sender-signale. Beide Vögel stammten aus der östlichen Schweiz und somit einem Bereich, der nicht weit vom regulären Abzugsgebiet der Ostzieher entfernt ist. Da beide Vögel am gleichen Tag aus der Schweiz abzogen und, den Satellitenkoordinaten zufolge, während grosser Strecken bis nach Ägypten gemeinsam zogen, ist davon auszugehen, dass zumindest für einen der beiden Vögel eine soziale Komponente bei der Wahl der Ostroute eine entscheidende Rolle gespielt hat.

3.1.2.5 Innerafrikanischer Zug

Jungstörche, die den ersten Winter in Westafrika verbracht haben, ziehen im darauffolgenden Frühjahr nur ausnahmsweise nach Europa zurück. Sie verbringen den zweiten Sommer im allgemeinen in Marokko zwischen Hohem Atlas und Mittelmeer oder im äussersten Nordwesten Algeriens nahe Oran (siehe separater Bericht über die Rast- und Überwinterungsgebiete).

Der Süd-Nord-Zug von Mali/Mauretania nach Marokko verläuft auf gleicher Route wie der Nord-Süd-Zug, und auch der darauf folgende Herbstzug folgt wieder der bereits dargestellten Route. Einer der Senderstörche (Francis, Abb.6) allerdings, der während

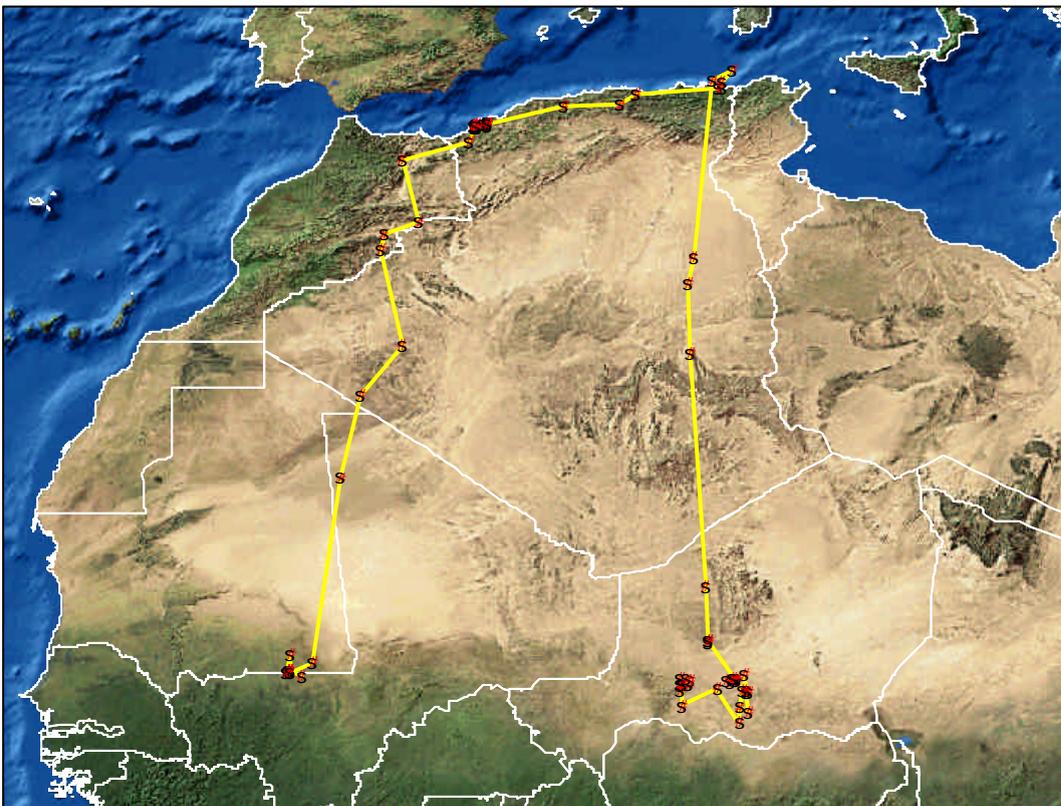


Abb.6: Innerafrikanischer Zug des Senderstorches „Francis“ (Frühjahr bis Herbst 2001) von Mauretania/Mali über Marokko/Algerien nach Niger

dem Frühjahrszug auf der üblichen Strecke von Mali/Mauretanien nach Marokko Nord-west-Algerien gelangt war, zog gegen Ende der Übersommerung 900 km weit nach Osten und durch Nordalgerien entlang der Mittelmeerküste bis nach Annaba in Nord-ost-Algerien, dicht an der Grenze zu Tunesien. Sein zweiter Herbstzug führte dann von Annaba aus in exakt südlicher Richtung über die zentrale Sahara nach Niger, wo er den zweiten Winter zwischen den Städten Tanout und Tahoua verbrachte.

3.2 Faktoren, die den Verlauf der Zugrouten beeinflussen

3.2.1 Schweiz/Frankreich (Topografie, Leitlinien Täler und Küsten)

In der Schweiz ziehen die Störche im Korridor zwischen Jura im Westen und Alpen im Osten nach Südwest und gelangen somit zwangsweise über den Genfer See. Der Zug von der Schweiz durch Frankreich wird stark durch die Leitlinie des Rhonetals bestimmt. Trotzdem ist die südwestliche Zugorientierung vorherrschend, so dass im Süden Frankreichs, wo die Rhone in SE-Richtung abbiegt, das Tal verlassen wird. Die an der Mittelmeerküste westlich der Rhonemündung in südwestlicher Richtung verlaufende Küstenlinie dient dann wiederum als Leitlinie, wird aber ebenfalls verlassen, als sie in südliche und später in südöstliche Richtung abbiegt. Topografische Hindernisse bieten sich den Störchen während des Zuges durch Frankreich nicht, hier sind es die Leitlinien und die SW-Orientierung, die den Zugkorridor definieren.

3.2.2 Pyrenäen (Topografie, Überfliegen von Gebirgspässen)

Das erste grössere topografische Hindernis auf dem Weg nach Süden bzw. Südwesten ist die Gebirgskette der Pyrenäen. Um den Gebirgszug im Westen zu umfliegen, müssen die Vögel bereits frühzeitig, knapp südlich von Narbonne, die SW-Richtung verlassen und sich streng nach Süden orientieren. Sie können dann die nur niedrigen westlichsten Ausläufer der Pyrenäen (max. 1.500 m hoch) ohne Probleme überfliegen. Halten die Vögel jedoch die vorher geflogene SW-Orientierung bei, dann fliegen sie auf die bis zu 3.000 m hohen Berge der westlichen Pyrenäen zu. Die Situation bei der Pyrenäenquerung ist in Abb.7 dargestellt.

Am Nordfuss der Pyrenäen eröffnet sich etwa bei dem Städtchen Prades wie ein Trichter das Tal des Tet-Flusses. Genau in diesen Trichter gelangen die Vögel, wenn sie von Narbonne aus in SW-Richtung weitergeflogen sind. Der Trichter führt die Vögel schliesslich in die Tet-Schlucht, der sie bis zum Col de la Perche (Abb.8) folgen, einem ca. 1.600 m hohen Pass, der zwischen den fast 3.000 m hohen Bergen Pic du Canigou und Pic Carlit auf die Südseite des Pyrenäen-Hauptmassivs führt. In WSW-Richtung gelangen die Vögel auf dem Sattel über Puigcerda in das Tal des Segre-Flusses (Abb.9), das, eingerahmt von hohen Bergzügen, teilweise „lieblich“ breit, teilweise als enge Schlucht, nach West zieht und etwa bei Seo de Urgel nach Südwest abbiegt und sich dann in die Ebroebene öffnet. Die Vögel folgen diesem Tal und gelangen so in die

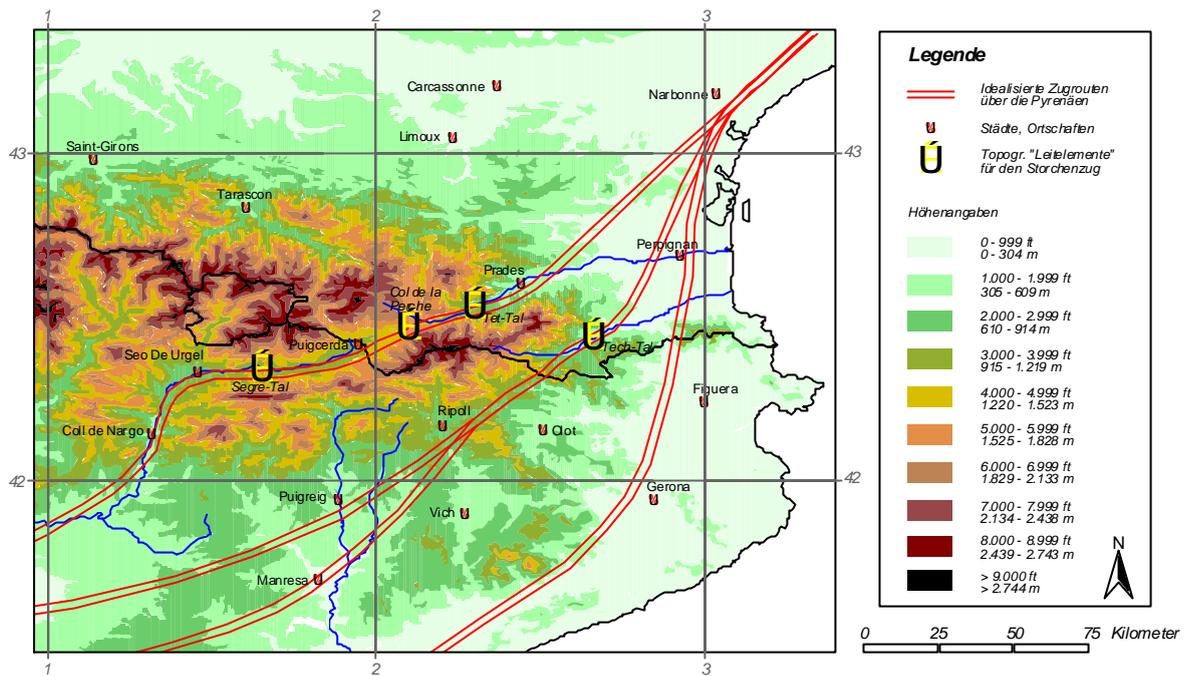


Abb.7: Zugrouten (idealisiert) besonderer Weissstörche beim Überqueren bzw. Umfliegen der Pyrenäen



Abb.8: Der Col de la Perche, für die westziehenden Weissstörche einer der wichtigsten Pässe über die östlichen Pyrenäen



Abb.9: Tal des Segre-Flusses auf der Südseite der Pyrenäen, eine wichtige Leitlinie für Weissstörche während des Zuges über das Gebirgsmassiv

Region Llerida im Ebrotal. Der Zug durch das Tet-Tal und über den Col de la Perche ins Segre-Tal konnte durch Bodenteams mehrfach beobachtet und direkt begleitet werden. Die Überquerung der Pyrenäen auf dieser Route folgt eindeutig topografischen Gegebenheiten, die es den Vögeln ermöglichen, hohe Gebirgsbereiche zu meiden und an den Rändern der Täler günstige Thermiken auszunutzen.

Zwischen der Col de la Perche-Route und der Küstenroute verläuft ein weiterer Zugweg. Vögel die von Narbonne aus etwa in SSW-Richtung weitergezogen sind, gelangen in den „Trichter“ des Tech-Tals und werden von hier aus gewissermassen zwischen dem Pyrenäen-Hauptmassiv und den westlichen bzw. südwestlichen Vorgebirgen der Pyrenäen in die Ebenen südlich des Gebirges geleitet. Auch diese Vögel gelangen häufig in die Ebene von Llerida, teilweise orientieren sie sich allerdings südlich der Pyrenäen eher küstennah.

Da gerade beim Passieren der Pyrenäen oder anderer Gebirgszüge die Daten der Satellitentelemetrie häufig von geringer Qualität waren, lässt sich eine genaue Zuordnung aller ziehenden Weissstörche zu einer der aufgezeigten Pyrenäenrouten nicht vornehmen. Dennoch war aus den Daten eindeutig abzulesen, dass im Jahr 2000 die Vögel überwiegend die Route über die Pyrenäen wählten, während im Jahr 2001 offensichtlich die Westumfliegung der Pyrenäen bevorzugt wurde. Eine mögliche Erklärung dieser jahresabhängigen Präferenz für eine der Routen ist die im jeweiligen Jahr vorherrschende Windrichtung und –stärke. Quantitative Winddaten wurden von den Bodenteams in den Pyrenäen nur unregelmässig erfasst, die wenigen gemessenen Wind-

daten aus dem Bereich der Pyrenäen lagen im Jahr 2000 zwischen 5-8 m/sec aus südlichen Richtungen. Grossräumig verfügbare Modelldaten (Windvektoren, siehe Kap. 3.2.6) lassen sich nicht anwenden, da sich in Randbereichen einer so bedeutenden Barriere wie der Pyrenäen die grossräumigen Windbewegungen nicht unbedingt widerspiegeln. Trotzdem ist unzweifelhaft, dass im Jahr 2000 während der Herbst-Zugzeit in den Pyrenäen häufig starker Südwind vorherrschte. So beobachteten Bodenteams im Jahr 2000 beispielsweise, dass Weissstörche, die auf einer Kirche im unteren Tet-Tal die Nacht verbracht hatten, stundenlang versuchten, den Col de la Perche zu erreichen. Der starke Gegenwind verhinderte dies jedoch, so dass die Vögel einige Stunden rasteten, bis der Wind schliesslich schwächer wurde. Vögel, die zu dieser Zeit von Narbonne aus in S- oder SSW-Richtung zogen, unterlagen mit Sicherheit einer Winddrift in mehr südwestlich-westlicher Richtung, und die Wahrscheinlichkeit, dass sie die Pyrenäen im Tet-Tal erreichen, war somit grösser als im Jahr 2001, in dem zumindest während der Feldbeobachtungen kein starker Wind festgestellt wurde.

3.2.3 Spanien (Topografie, Umfliegung von Gebirgen)

Die weiter vorne bereits angesprochene „Aufspaltung“ des Zugkorridors durch Spanien in mehrere „Zugstränge“, teils küstennah, teils weiter im Landesinnern, wurde zuerst durch die Überlagerung aller verfügbaren Zugstrecken mit einer Höhenkarte von Spanien untersucht. Daraus ergab sich ein Bild, das zwar eine Beeinflussung der Zugwege durch die Topografie vermuten liess, aber eine zuverlässige Aussage war aufgrund der teilweise recht ungenauen Koordinaten nicht möglich. Deshalb wurden für eine weitere Analyse nur solche individuellen Zugstrecken einbezogen, deren bereinigte Koordinaten von sehr hoher Genauigkeit waren (Abb.10). Mit einer Ausnahme handelte sich dabei um Vögel, die im Jahr 2001 mit neuen NorthStar-Sendern versehen worden waren.

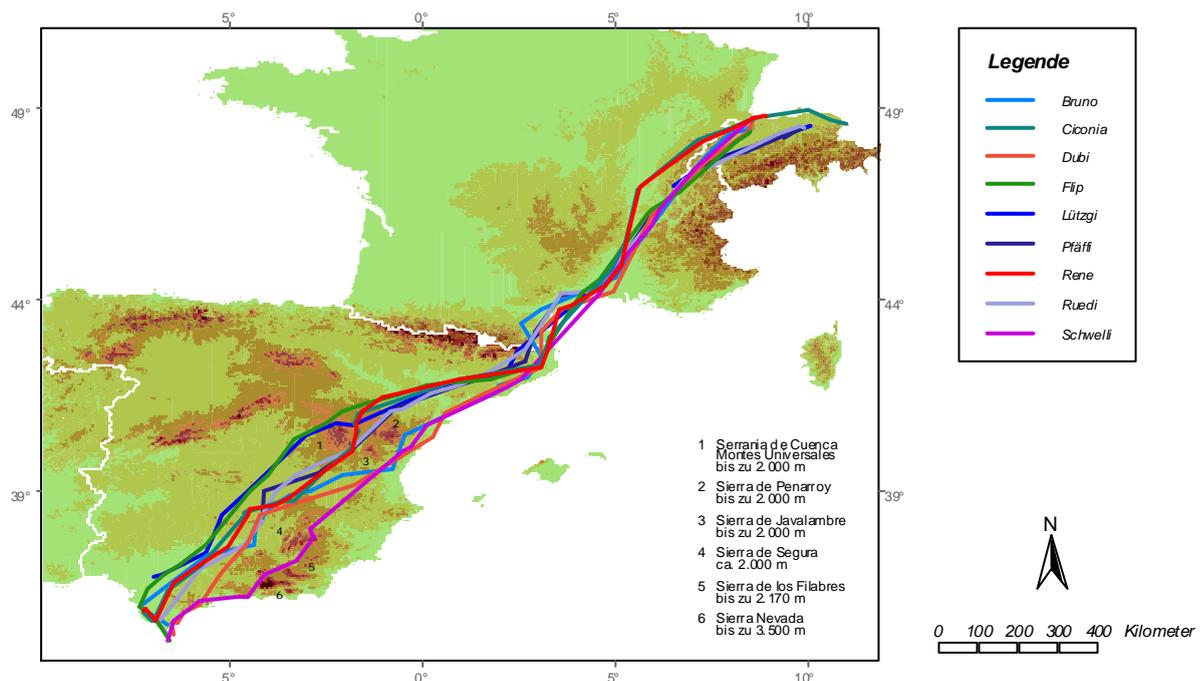


Abb. 10: Einfluss von Gebirgen auf die Zugrouten von Weissstörchen in Spanien, Frankreich und der Schweiz

Die Abbildung macht deutlich, dass der Verlauf der individuellen Zugwege jeweils um die Gebirgsformationen von mehr als etwa 1.500 m Höhe herumführte. Als topografische Barrieren werden solche Gebirge entweder südlich oder nördlich umflogen. Hieraus resultieren die Lücken innerhalb des spanischen Zugkorridors. Bedeutsam sind vor allem die folgenden Gebirge: Serrania de Cuenca und Montes Universales (bis zu 2.000 m), Sierra de Penarroy (bis zu 2.000 m), Sierra de Javalambre (bis zu 2.000 m), Sierra de Segura (bis zu 2.000 m), Sierra de los Filabres (bis zu 2.170 m), Sierra Nevada (bis zu 3.500 m). In der Südspitze Spaniens laufen die individuellen Routen dann trichterförmig wieder zusammen.



Abb.11: Die Strasse von Gibraltar - trotz nur etwa 14 km Breite ist sie bei ungünstigen Windverhältnissen ein Hindernis für die ziehenden Weissstörche

3.2.4 Meerenge von Gibraltar („Nahrungsflüge“ über die Meerenge)

Die Meerenge von Gibraltar (Abb.11) gilt als ein bedeutendes Hindernis auf dem Zug der westeuropäischen Weissstörche nach Westafrika. Obgleich die Strasse von Gibraltar an ihrer engsten Stelle nur knapp über 14 km breit ist, können starke Winde, vor allem aus südlicher Richtung (Herbstzug), die Querung der Meerenge erheblich behindern. Dass in der Südspitze Spaniens häufig starker Wind weht, zeigt sich heute auch darin, dass auf praktisch allen Hügelketten rings um die Stadt Tarifa ganze Reihen von Windkraftanlagen (Abb.12) stehen.



Abb. 12: Die zahlreichen Windkraftanlagen auf der Südspitze Spaniens belegen, dass hier während des ganzen Jahres kräftige Winde wehen

Schon Francisco Bernis, ein spanischer Ornithologe, der den Vogelzug über die Strasse von Gibraltar detailliert untersuchte, stellte fest, dass starke Winde zeitweise dazu führen können, dass Weissstörche und andere „Segelflieger“ (z.B. Greifvögel) den Zug einstellen und es zu einem „Zugstau“ nördlich der Meerenge kommt. Während unserer Feldarbeiten in der Südspitze Spaniens konnten wir mehrfach beobachten, dass Trupps von Weissstörchen Anstrengungen unternahmen, trotz ausgeprägten Südwestwindes die Strasse von Gibraltar zu überfliegen. Die Vögel versuchten dann, gegen den starken Wind anzusteuern, gerieten teilweise auch mehrere Kilometer weit über das Meer, mussten aber solche Versuche wiederholt abbrechen. Die Trupps wurden vom Wind regelrecht „auseinander gerissen“, ein ruhiges Segeln in Thermiken oder Gleiten in relativ geordneter Reihe, wie sich dies bei ruhigem Wetter beobachten lässt, war nicht möglich. Im allgemeinen kehrten die Vögel nach solchen Versuchen auf das spanische Festland zurück und überflogen die Bergkette nordöstlich von Tarifa in Richtung Inland. Bei ruhigem Wetter dagegen ziehen die Trupps von der Südspitze Spaniens aus in grosser Höhe in Richtung Marokko, und bei einem evtl. vorher eingetretenen Zugstau bewegen sich dann viele Störche gleichzeitig in Richtung Süden. Auch in Italien, an der Strasse von Messina, konnte ein Team von „SOS Storch“ im Jahr 2001 feststellen, dass starker Wind den Zug über Meerengen erheblich behindern kann. Bei Reggio di Calabria, wo die Meerenge nur etwa 7,5 km breit ist, versuchte der Senderstorch „Burgi“ bei starkem Nordwind (9-11 m/sec) mehrere Stunden lang vergeblich, vom italienischen Festland aus Sizilien zu erreichen. Nach einem Tag gab er – wie auch die anderen mit ihm ziehenden Störche – den Versuch auf und zog zurück nach Norden.

Es muss somit davon ausgegangen werden, dass die Überquerung der Meerenge von Gibraltar für die ziehenden Weissstörche ein riskantes Unterfangen ist und nur dann erfolgt, wenn dies für die Vögel wirklich erforderlich ist. Um so erstaunlicher war die Feststellung, dass drei der im Rahmen des Projekts „SOS Storch“ besenderten Weissstörche (Heinz, Marie und Roger, alle im Jahr 2001) während des Herbstzuges die Strasse von Gibraltar nach Marokko überflogen, sich dann einige Tage dort aufhielten und danach über die Meerenge nach Südspanien zurückkehrten.

3.2.4.1 Senderstorch Heinz (Abb. 13)

Der Vogel kam während des Herbstzuges am 28.8.2001 in Südspanien an und überflog bereits am 29.8.2001 die Strasse von Gibraltar nach Marokko. Noch am selben Tag gelangte er in Marokko bis etwa 175 km weit ins Landesinnere und hielt sich dann in den folgenden Tagen überwiegend an der Atlantikküste nahe der Städte Larache und Kenitra auf. Am 4.9.2001 schliesslich zog er von der Nordspitze Marokkos aus zurück nach Südspanien und überwinterte dort während der folgenden Monate. Der Aufenthalt in Marokko hatte nur 6 Tage gedauert, der Wechsel zwischen Südspanien und Marokko erfolgte somit ähnlich wie der Ortswechsel zwischen Nahrungsgebieten innerhalb des spanischen Festlandes. Im vorausgegangenen Herbst und Winter hatte sich der Vogel ausschliesslich in Südspanien aufgehalten.

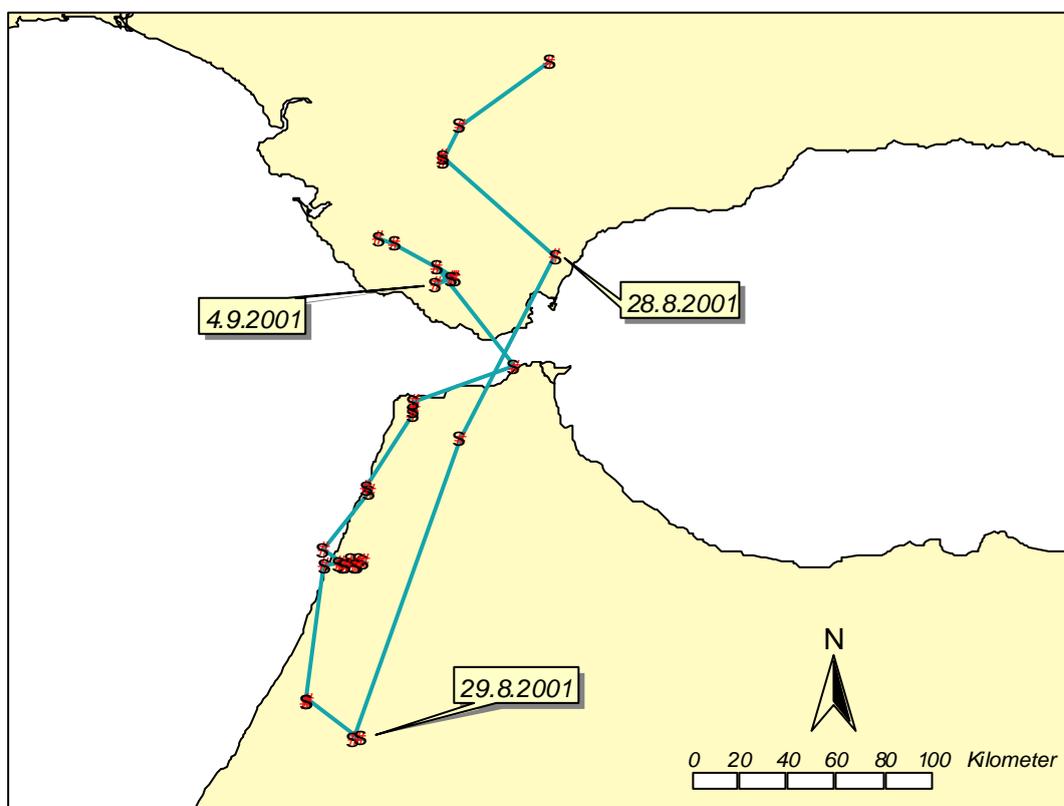


Abb. 13: Kurzaufenthalt des Senderstorchs „Heinz“ (Herbstzug 2001) in Marokko.

3.2.4.2 Senderstorch Marie (Abb. 14)

Der Vogel erreichte während des Herbstzuges am 3.9.2001 Südspanien und hielt sich dort bis zum 23.9., also fast 3 Wochen lang, auf zwei Mülldeponien auf. Am 24.9. flog er über die Meerenge von Gibraltar nach Marokko und zog am gleichen Tag bis 130 km weit nach Süden ins Landesinnere, um die Nacht nahe Ksar el Kebir zu verbringen. Bis zum 27.9. hielt er sich dann nahe der Städte Larache und Asilah (beide an der marokkanischen Atlantikküste) auf und kehrte am 28.9.2001 zurück nach Südspanien, wo er etwa an den gleichen Orten (Mülldeponien Medina Sidonia und Chiclana de la Frontera) überwinterte, an denen er sich vor seinem „Ausflug“ nach Marokko aufgehalten hatte. Nur 4 Tage hatte er zwischen den beiden Überquerungen der Strasse von Gibraltar in Marokko verbracht. Den ersten Winter (Jahr 2000) dagegen hatte dieser Vogel vollständig in Marokko verbracht, nahe der Stadt Tetouan.

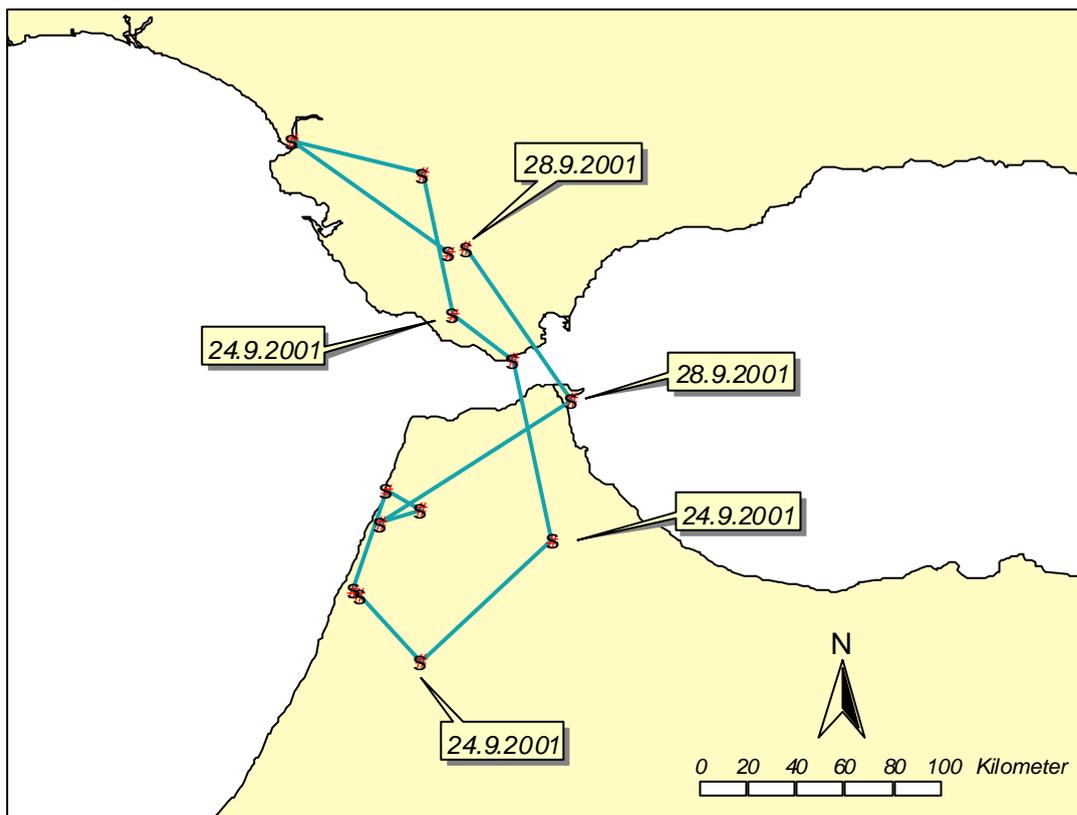


Abb. 14: Kurzaufenthalt des Senderstorchs „Marie“ (Herbstzug 2001) in Marokko

3.2.4.3 Senderstorch Roger (Abb. 15)

Der Senderstorch erreichte während des Herbstzuges am 22.8.2001 die Südspitze Spaniens und hielt sich dort bis zum 3.10., also etwa 5 Wochen lang, auf verschiedenen Mülldeponien auf. Am 4.10. überflog er die Meerenge und gelangte in Marokko etwa 55 km weit nach Süden. Er hielt sich abwechselnd bei Martil (nahe Tetouan) und in einer kleinen Lagune nördlich von Martil auf und kehrte bereits am 6.10.2001 über die Strasse von Gibraltar nach Südspanien zurück. Dort verbrachte er den gesamten

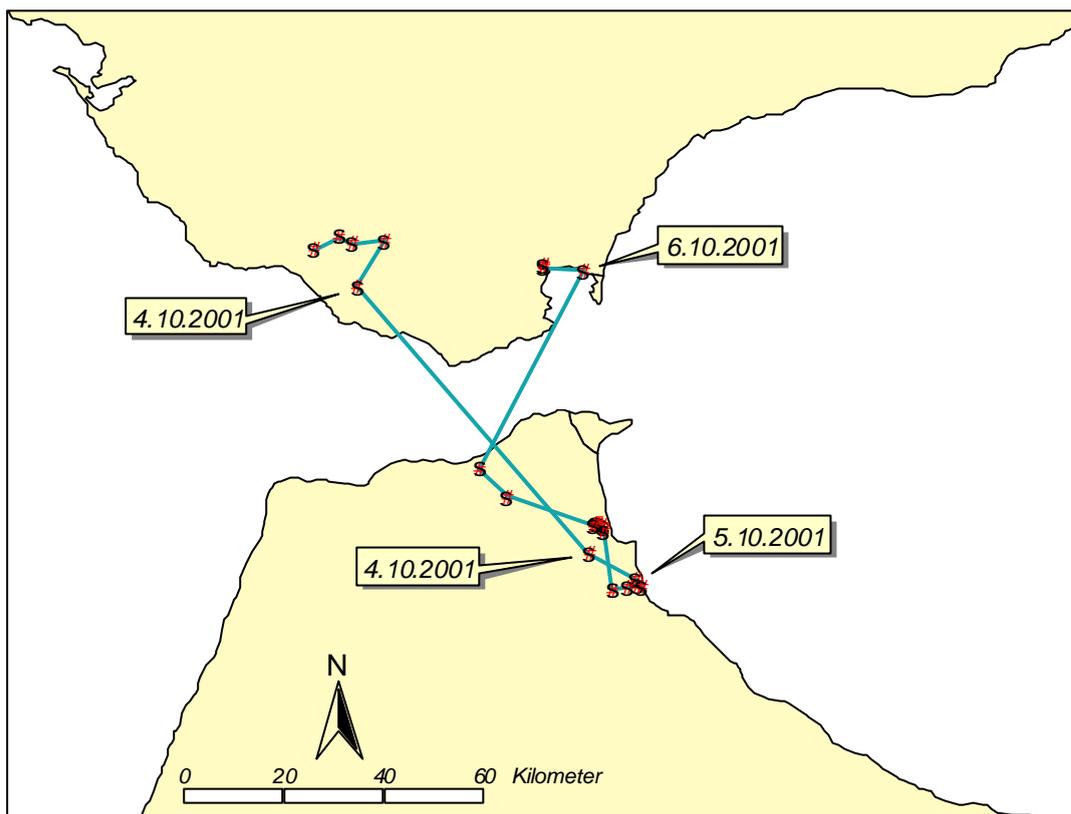


Abb. 15: Kurzaufenthalt des Senderstorchs „Roger“ (Herbstzug 2001) in Marokko

Winter 2001/2003. Er hatte die Meerenge von Gibraltar demzufolge für einen nur 2-tägigen Aufenthalt in Marokko zweimal überflogen.

Alle 3 Vögel hielten sich in Marokko hauptsächlich nahe grösserer Städte auf, und dort vermutlich auf Mülldeponien. Im Falle der Aufenthalte bei Tetouan ist aus Beobachtungen von Mitarbeitern des Projekts „SOS Storch“ sicher, dass die dortige Mülldeponie aufgesucht wurde. Die Rückkehr nach Spanien lässt sich vermutlich damit erklären, dass die dortigen Deponien bessere Nahrungsbedingungen boten als die Deponien in Marokko, Näheres dazu im separaten Bericht über Rastplatz- und Überwinterungsgebiet-Wahl.

Die Feststellung, dass im Jahr 2001 3 Vögel, also mehr als 10% aller in diesem Jahr überwachten Senderstörche, „Nahrungsflüge“ über die Strasse von Gibraltar ausführten, macht deutlich, dass der 14 km lange Weg über offenes Wasser an sich für die Weissstörche kein Hindernis darstellt. Lediglich starker Wind aus ungünstigen Richtungen macht die Überquerung solcher Meerengen zu einem riskanten Unterfangen für die Störche bzw. kann den Überflug auch vollständig verhindern. Dass ohne ungünstige klimatische Verhältnisse selbst sehr grosse offene Wasserflächen überflogen werden können, zeigte sich auch am Beispiel des Senderstorchs „Walter“. Er flog im September 2000 von Saint Tropez an der südfranzösischen Mittelmeerküste bis zur Nordspitze Sardinien, überquerte also ohne Zwischenrast eine Strecke von 310 km über offenes Meer. Bei dem Versuch, von Südsardinien aus Tunesien zu erreichen, stürzte der Vogel allerdings nach 150 km ins Meer und ertrank.

3.2.5 Marokko (Umfliegung und Überquerung des Hohen Atlas)

Den Weissstörchen, die nach Überquerung der Meerenge von Gibraltar in Marokko südwärts ziehen, stellt sich bald die Barriere der Hohen Atlas in den Weg. Bis zu 4.167 m hohe Berge bilden ein Hindernis, das von den Störchen nicht ohne weiteres überflogen werden kann.

Von den Senderstörchen lagen nicht genügend Daten vor, um die Über- bzw. Umfliegung des Atlasgebirges über spezifische Pässe präzise dokumentieren zu können. Trotzdem war es möglich, aus der Lage von Koordinaten nördlich und südlich des Gebirges sowie der Kombination mehrerer Zugrouten verschiedene Flugstrecken um und über den Hohen Atlas zu definieren (Abb.16).

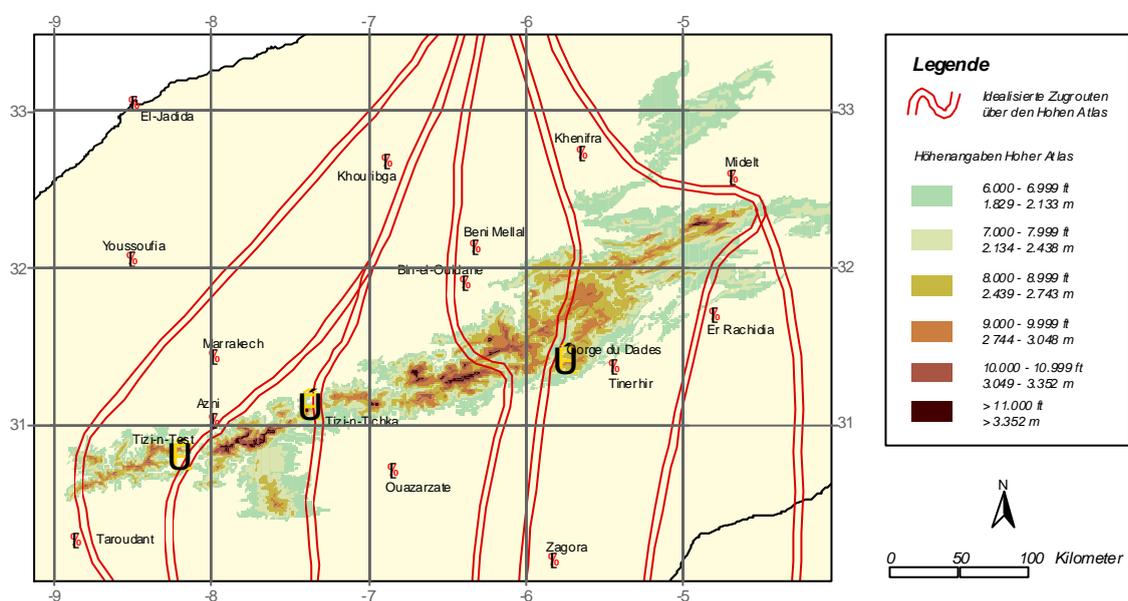


Abb. 16: Zugrouten (idealisiert) besenderter Weissstörche bei der Über- bzw. Umfliegung des Hohen Atlas

Der Mittlere Atlas (gelegen nordöstlich des Hohen Atlas) wird westlich umflogen. Der Anti-Atlas ((südwestlich des Hohen Atlas gelegen) wird auf seiner Ostseite umgangen. Am Massiv des Hohen Atlas dagegen gibt es keinen einheitlichen Zugweg der besenderter Störche. Die im Norden Marokkos noch sehr enge Zugfront weitet sich am Hohen Atlas auf fast 500 km Breite aus. Ohne Bevorzugung einer bestimmten Route umfliegen die Vögel den Gebirgszug im Osten oder Westen, oder aber sie überqueren ihn an Stellen, an denen Pässe Lücken in der Barriere bilden.

Vögel, die von der Nordspitze Marokkos aus in südwestlicher Richtung weitergezogen sind, umfliegen das Gebirge im Westen, etwa bei Taroudant. Sie gelangen dabei auf Höhe der Stadt Agadir bis etwa 80 km an die Atlantikküste. Vögel, die vom Norden Marokkos aus in südöstlicher Richtung gezogen sind, umfliegen den Hohen Atlas im Osten, etwa bei Midelt, und erreichen etwa bei Er-Rachidia den Nordrand der Sahara. Zwischen diesen beiden Extremen gibt es mehrere offensichtliche Routen über den Hohen Atlas selbst:

Im westlichen Teil des Gebirgsmassivs nutzen die Vögel vor allem die beiden Pässe Tizi-n-Test (2.092 m) und Tizi-n-Tichka (2.260 m), über die auch die wichtigsten Strassenverbindungen von Marrakech nach Süden verlaufen. In der Nähe beider Pässe befanden sich Übernachtungskoordinaten von Senderstörchen. Weiter im Osten, südlich der Städte Bin-el-Ouidane und Beni Mellal, gibt es zwei wahrscheinliche Routen. Die westlichere der beiden führt über einen Sattel zwischen mehreren über 3.000 m hohen Bergen, die östlichere über einen Sattel auf der Wasserscheide der Flüsse Oued el Abid und Oued Dades. Am Südrand des Atlas verläuft letztere Route annähernd über die Dades-Schlucht (Gorge du Dades).

Ob der Hohe Atlas auch an anderen Pässen oder Sätteln überflogen wird, lässt sich aus den vorliegenden Daten nicht zuverlässig rekonstruieren. Sicher ist jedenfalls, dass es zur Überwindung des Gebirgsmassivs nicht nur eine oder 2 Hauptrouuten gibt, sondern dass die Überquerung oder Umfliegung an mehreren Stellen erfolgt. Aufgrund der enormen Ost-West-Ausbreitung des Hohen Atlas und einem nördlichen Atlas-Vorland ohne ausgeprägte Leitlinien sind die Vögel gezwungen, je nach dem Ort, an dem sie das Gebirge erreichen, eine geeignete Passage zu lokalisieren.

3.2.6 Sahara (Zugrouten und Winddrift)

Südlich des Hohen Atlas beginnt der Zug der Weissstörche über die Sahara. Die vorne beschriebene grosse Ost-West-Ausdehnung des Zugkorridors über der Sahara ist teilweise dadurch verursacht, dass es bereits bei der Überwindung des Hohen Atlas zu einer Aufspaltung des vorher engen Zugkorridors kommt. Immerhin liegen die Wege zur Ost- und Westumfliegung des Gebirgsmassivs 400-500 km auseinander. Da die Störche südlich des Atlasgebirges grundsätzlich Südorientierung haben und es keine topografischen Strukturen gibt, die die Vögel wieder auf einen einheitlichen Weg leiten könnten, gibt es südlich des Atlas keine Zusammenführung zu einem engen Zugkorridor.

Der kurvenförmige Verlauf der individuellen Zugrouten über die Sahara lässt sich hierdurch jedoch nicht begründen. Schon die Tatsache, dass die Kurven der einzelnen Routen sehr unterschiedlich verlaufen, teilweise gegenläufig, teilweise stark ausgeprägt, teilweise nur sehr schwach ausgeprägt, und dass somit die individuellen Vögel sehr unterschiedliche „Umwege“ fliegen, macht deutlich, dass topografische Komponenten hier keine Rolle spielen. Auch der Versuch, im Rahmen dieser Auswertung auf Satellitenbildern und Detailkarten topografische Strukturen zu finden, die für den Verlauf individueller Routen verantwortlich sein könnten, scheiterte.

Es ist bekannt, dass segelfliegende Vögel erheblicher Windverdriftung unterliegen können. Weissstörche wurden gelegentlich weitab der eigentlichen Zugrouten vorgefunden, z.B. auf den Kanarischen Inseln, und es sind Fälle bekannt, dass ganze Trupps ziehender Störche im Mittleren Osten über das Mittelmeer verdriftet wurden, ins Wasser stürzten und verendeten. Somit lag es nahe, zu untersuchen, ob auch die individuell unterschiedlich verlaufenden Zugrouten über die Sahara durch Winddrift verursacht sein könnten.

Um die Auswirkungen von Windrichtung und –geschwindigkeit auf den Verlauf der Zugrouten analysieren zu können, ist es erforderlich, für jede zurückgelegte Tagesstrecke (Datum und mittlerer Ort) die entsprechenden Winddaten verfügbar zu haben. In der Sahara gibt es jedoch nur sehr wenige Stationen, in denen meteorologische Daten erfasst werden. Meistens werden Winddaten dort nicht erfasst, und täglich sind sie ohnehin nicht verfügbar. Auf „echte“ Winddaten (Windrichtung, Windgeschwindigkeit) konnte somit nicht zurückgegriffen werden.

Verwendet wurden deshalb Reanalyse Modelldaten des NCEP (National Center for Environmental Prediction), die beim CDC (Climate Diagnostics Center) des amerikanischen Wetterdienstes NOAA verfügbar sind. Es handelt sich dabei nicht um meteorologische Messdaten, sondern um Daten, die durch Modellberechnungen auf der Basis seit 1948 gemessener (historischer) atmosphärischer Daten ermittelt wurden. Winddaten aus dem resultierenden „Climate Data Assimilation System“ (CDAS) sind für den gesamten Erdball und für den gesamten Zeitraum seit 1948 in 6-Stunden-Intervallen abrufbar, und zwar jeweils für verschiedene Luftdruck-Level, d.h. für verschiedene Höhen über NN. NCEP Winddaten gehören zu den zuverlässigsten Modelldaten (Datenklasse A) in der gesamten CDAS Datenbank.

Die NCEP Winddaten sind nicht in der bekannten Form als Messpunkte mit Windrichtung und –stärke verfügbar, sondern sie sind als Windvektoren abrufbar: als zonaler Wind (u-wind, West-Ost-Vektor) und als meridionaler Wind (v-wind, Nord-Süd-Vektor). Für die Untersuchung der Winddrift bei den in Nord-Süd-Richtung ziehenden Weissstörchen wurde der zonale Windvektor (u-wind) verwendet, da er für Abweichungen nach Osten bzw. Westen verantwortlich sein kann. Der meridionale Windvektor wäre für die Analyse des Windes auf die Zuggeschwindigkeit relevant gewesen, diese Untersuchung wurde jedoch nicht durchgeführt.

NCEP Windvektoren sind als Datensätze in einem Längen-Breiten-Raster von 2,5° verfügbar. Diese Datensätze können nur mit spezieller Software interpretiert werden. Gleichzeitig können die NCEP Windvektoren als Isolinien-Karten (interpoliert aus dem 2,5°-Raster) für vom Benutzer definierte Regionen abgerufen werden. Nach TIF-Konvertierung und Georeferenzierung konnten diese Karten in das Geografische Informationssystem integriert und den entsprechenden Zugdaten unterlegt werden. Stärke (m/sec) und Richtung (E bzw. W) des Vektors liessen sich dann für jede Tagesstrecke ablesen und für weitere Berechnungen festhalten. Die Vorgehensweise bei der Ermittlung der jeweiligen Stärke und Richtung der Vektoren ist in Abb.17 dargestellt.

Um Stärke und Richtung des Windvektors mit der Zugrichtung korrelieren zu können, wurden von insgesamt 13 Vögeln (9 mit deutlich erkennbarer Drift, 4 mit keiner oder nur geringer Drift) 84 Tagesflugstrecken (aus bereinigten Zugdaten) über der Sahara hinsichtlich ihrer Abweichung von einem reinen N-S- bzw. S-N-Kurs analysiert (Abweichung nach Westen: negative Gradangaben, Abweichung nach Osten: positive Gradangaben). Die Abweichung jeder individuellen Tagesstrecke wurde mit den Werten des am entsprechenden Ort abgelesenen Windvektors korreliert. Die Dimension der interaktiv erstellten Windkarten reichte von 20°W bis 10°E und von 14°N bis 52°N (Südwesteuropa und Westafrika). Die Winddaten wurden für den 925 hPa-Level erfasst und geben somit die Windgeschwindigkeit in einer Flughöhe der Störche von etwa 750 m

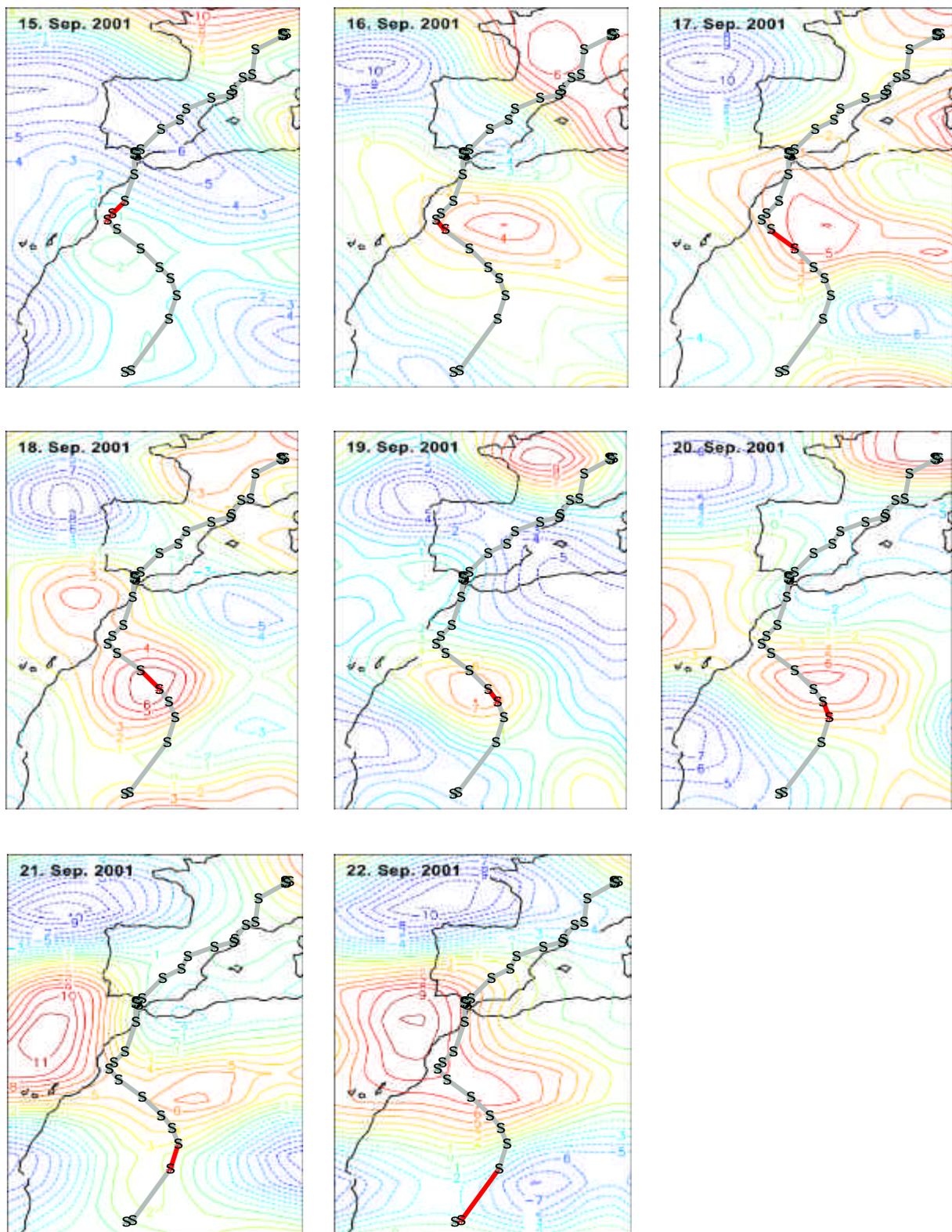


Abb. 17: Ermittlung des zonalen Windvektors (u -wind) für Tagesabschnitte des Zugweges eines Senderstorchs („Ciconia“, Herbstzug 2001). Für jeden Tag ist der Zugroute jeweils eine entsprechende Karte des Windvektors hinterlegt (positive Werte: Westwind, negative Werte: Ostwind). Die korrespondierende Tagesstrecke des Zugweges ist rot gezeichnet.

über NN wieder. Der Zeitraum, über den die Werte gemittelt wurden, betrug für den jeweiligen Tag 12 Stunden (6 Uhr bis 18 Uhr).

Das Ergebnis der Analyse ist in Abb.18 dargestellt. Die Korrelation zwischen Abweichung von der reinen N-S- bzw. S-N-Richtung und dem jeweiligen Windvektor (Geschwindigkeit und Richtung) war hochsignifikant ($r = 0,81848$). Das Ergebnis zeigt deutlich auf, dass die Abweichungen von der strengen N-S-Zugrichtung und somit der „Kurvenzug“ über der Sahara durch Winddrift verursacht sind. Die in meinen vorläufigen Projektberichten früher dargelegten Erklärungsversuche (z.B. „Rückwärts-Informationsübertragung“ über gute Nahrungsressourcen von Vögeln im Überwinterungsgebiet hin zu den ziehenden Vögeln) sind damit hinfällig.

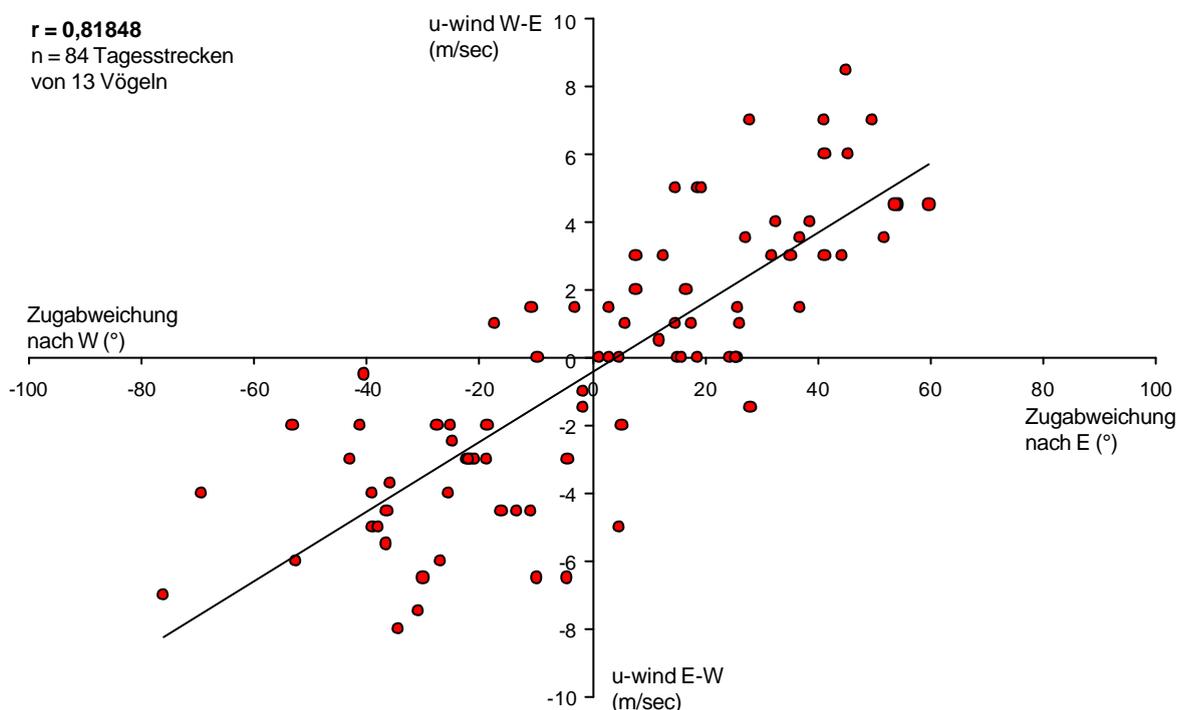


Abb. 18: Korrelation des zonalen Windvektors (u-wind) mit Abweichungen der Tageszugstrecken von der N-S- bzw. S-N-Zugrichtung

Winddrift ist offensichtlich nicht nur für den kurvenförmigen Verlauf vieler Zugrouten über der Sahara verantwortlich, sondern kann, bei starkem Wind, den Tod der Vögel verursachen. Es wurde im Rahmen des Projekts „SOS Storch“ mehrfach festgestellt, dass bei starkem Wind die Vögel mitten in der Sahara „rasteten“, d.h. vom Wind am Boden festgehalten wurden. Längere Zwangspausen aufgrund starken Windes können dazu führen, dass die Vögel in der Sahara dehydrieren oder an Nahrungsmangel verenden. Bei einigen Vögeln wurde festgestellt, dass sie plötzlich von der N-S-Richtung in einem fast 90°-Winkel von der eigentlichen Zugroute abwichen und dann weit abseits der Zugroute aufgrund der Satellitendaten unverändert am gleichen Ort blieben. Abb.19 zeigt ein solches Beispiel. Die Winddaten vom Tag, an dem der Vogel von seiner Route abbog (9.9.2000), weisen auf starken Ostwind, der den Vogel weit nach Westen über die mauretanische Wüste verdriftete, wo er vermutlich erschöpft gelandet und dann verendet ist.

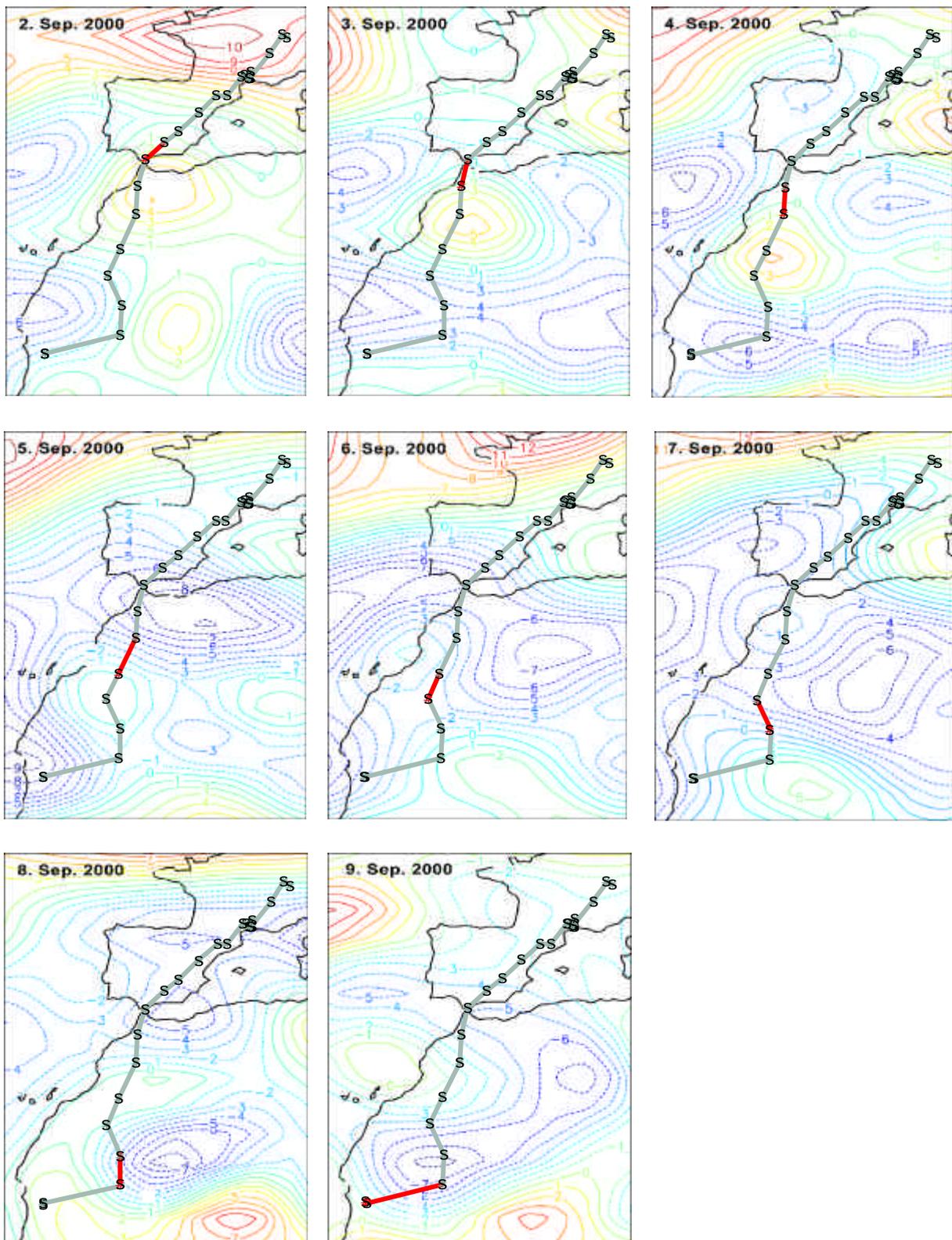


Abb.19: Zonaler Windvektor (u -wind) und Tagesabschnitte des Zugweges eines Senderstorchs („Lise“, Herbstzug 2000). Der Vogel hat sich am 9.9. fast im 90° -Winkel von der Zugroute nach W entfernt und ist dort verschollen. Die Grafik zeigt, dass starker Ostwind am 9.9. den Vogel wahrscheinlich nach Westen verdriftet hat und somit als Todesursache definiert werden kann

3.3 Zuggemeinschaften

Weissstörche versammeln sich vor Abzug in die Überwinterungsgebiete im Brutgebiet zu Trupps und ziehen dann in diesen gemeinsam ab. Bisher lagen nur wenige Informationen über die „Stabilität“ solcher Trupps während des Zuges vor. Die Auswertung der Satellitendaten alleine liefert, vor allem bei Verwendung der üblichen Microwave-Sender, nur in seltenen Fällen zuverlässige Daten, da Lokalisations-Fehler der Senderkoordinaten oft viele Kilometer betragen können und gemeinsame Übernachtungsplätze nicht unbedingt durch entsprechende Koordinaten zu erkennen sind. Durch die Zugbegleitung unter Einsatz optimaler Technik zum Peilen der Vögel vom Boden aus war es im Projekt „SOS Storch“ mehrfach möglich, Gruppen ziehender Störche fast auf der gesamten Zugroute zwischen der Schweiz und Südspanien unter Beobachtung zu halten. Diese Direktbeobachtungen, zusammen mit den Satellitendaten, ermöglichten es, detailliertere Aussagen über den Zusammenhalt von Zuggemeinschaften zu machen. Darüber hinaus lieferte im Jahr 2001 der Einsatz der neuen NorthStar-Sender täglich sehr akkurate Koordinaten, die auch zuverlässige Aussagen über Zuggemeinschaften auf dem Weg in die afrikanischen Überwinterungsgebiete ermöglichten.

Vor allem Michael Kaatz und Daniel Schedler vom Bodenteam 2 des Projekts „SOS Storch“ haben wichtige Beobachtungsdaten zur Untersuchung der Zuggemeinschaften geliefert.

3.3.1 Senderstörche David, Eugen, Gantenbein, Jeanot und Kurzi (Abb.20)

Die Senderstörche Eugen, Gantenbein und Kurzi aus Altreu und die Senderstörche Jeanot aus Ottenbach (70 km von Altreu) und David aus Zürich (90 km von Altreu) versammelten sich am 19.8.2000 in Altreu mit anderen Weissstörchen zu einem Trupp und zogen am 19.8. gemeinsam in SW-Richtung ab. Satellitendaten zufolge zogen sie auch während der folgenden Tage gemeinsam. Am 24.8. konnte der Trupp, der aus insgesamt 40-50 Störchen bestand, in Südfrankreich erstmals direkt beobachtet werden und wurde von da an bis in die Südspitze Spaniens kontinuierlich unter Beobachtung gehalten.

Der Senderstorch „Daniel“ verliess im Anschluss an die Pyrenäenüberquerung den Trupp und flog etwa 100 km in SE-Richtung zur Mittelmeerküste. Dort konnte er einige Tage lang als Einzelvogel mit sehr geringer Fluchtdistanz beobachtet werden, bald darauf verstummte der Sender. Das ungewöhnliche Verhalten dieses Vogels ist möglicherweise darauf zurückzuführen, dass die Pyrenäenquerung aufgrund starken SW-Windes sehr schwierig (Direktbeobachtung) und der Vogel deshalb erschöpft war. Die verbliebenen 4 Senderstörche zogen in ihrem Trupp gemeinsam weiter. Am 28.8. wurde in Südspanien beim Senderstorch „Gantenbein“ erstmals eine schwere Beinverletzung, wahrscheinlich verursacht durch den Anflug an einen Koppelzaun oder eine Leitung, festgestellt. Am darauffolgenden Tag musste der Vogel eingefangen werden und verendete wenige Tage später in einer Tierklinik. Die 3 verbliebenen Senderstörche zogen gemeinsam weiter und erreichten am 30.8.2000 die Südspitze Spaniens. Die Gesamtgrösse des Trupps, in dem sie zogen, variierte von der ersten bis zur letzten

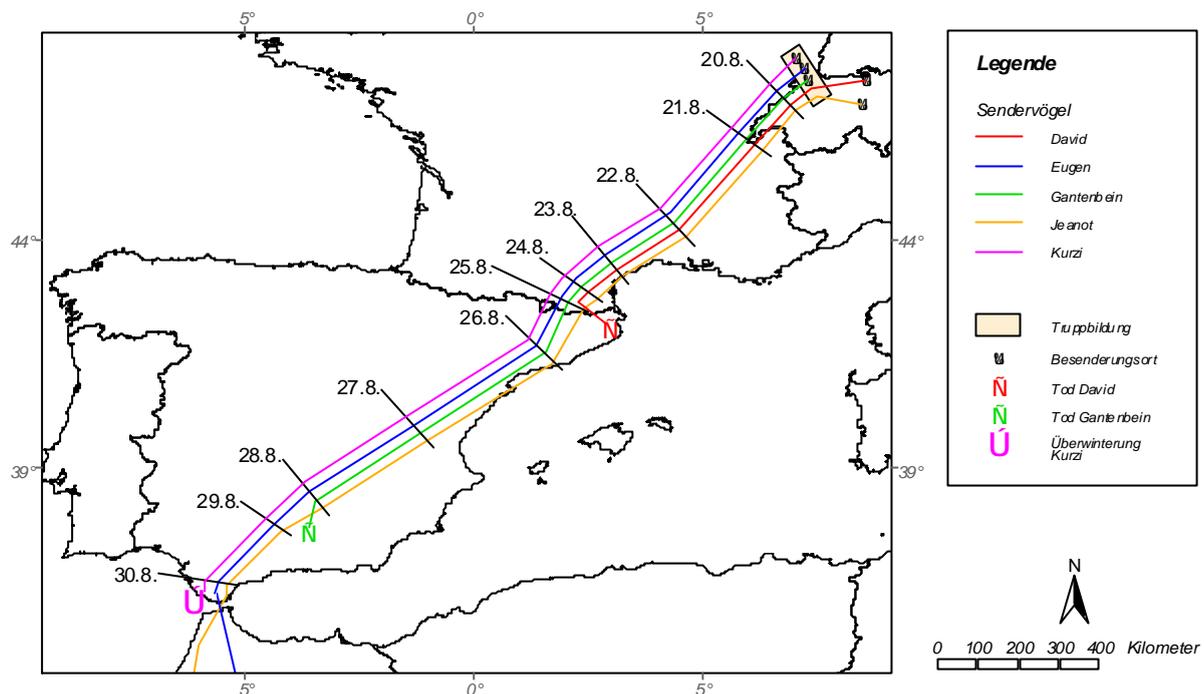


Abb.20: Zuggemeinschaft besonderer Weissstörche auf dem Weg von Altreu nach Südspanien (19.8. - 30.8.2000)

Beobachtung zwischen etwa 35 und 50 Vögeln. Trotz der Ausfälle zweier Senderstörche während des Zuges war der Zugverband also auf dem gesamten europäischen Streckenabschnitt sehr stabil.

Mit der Ankunft in der Südspitze Spaniens verlor sich der Zusammenhalt der Zuggemeinschaft. Dies ist sicher darauf zurückzuführen, dass in Südspanien viele Storchentrupps rasten und überwintern und es dadurch kontinuierlich zur Vermischung, Neubildung und Aufspaltung von Trupps kommt. Einer der drei überlebenden Senderstörche („Kurzi“) überwinterte in Südspanien, die anderen zogen auf verschiedenen Routen und mit mehrtägigem Abstand über die Sahara nach Mauretanien/Mali.

3.3.2 Senderstörche Basilisk und Ciconia

Die Senderstörche „Basilisk“ (ad., Basel) und Ciconia (Kriessern/Altreu) zogen im Jahr 2001 sowohl räumlich als auch zeitlich getrennt von der Schweiz bis nach Südspanien. Am 13.9.2001 verliessen die Vögel gemeinsam die Südspitze Spaniens und zogen während der nächsten Tage gemeinsam über die Sahara. Über die tatsächliche Truppgrösse liegen keine Informationen vor, da die Vögel während des Zuges nicht direkt beobachtet werden konnten. Erst am 22.9., nur noch etwa 200 km nördlich des Überwinterungsgebiets im Grenzbereich Mauretanien/Mali, trennten sich die Wege der beiden Vögel. Die letzte Teilstrecke legten sie separat zurück, ihre ersten Überwinterungsgebiete lagen ca. 200 km auseinander.

3.3.3 Senderstörche Walter und Ernst

Die beiden Senderstörche „Walter“ (Oetwil am See) und „Ernst“ (Uznach) fanden sich in der Schweiz am 4.9.2000 zu einer Zuggruppe zusammen und zogen bis zum 9.9. gemeinsam bis nach Saint Tropez/Südfrankreich, weit östlich der üblichen Zugstrecke. Direktbeobachtungen bei Saint Tropez zeigten, dass die Zuggruppe aus 29 Jungstörchen bestand, darunter (neben den Senderstörchen) 5 weiteren beringten aus der Schweiz, 1 beringten aus Deutschland, und 4 beringten aus Tschechien. Vor allem aus dem Vorhandensein der tschechischen Störche lässt sich schliessen, dass die Gruppe wahrscheinlich nicht in dieser Zusammensetzung aus der Schweiz abgeflogen ist, sondern dass die Vögel sich zum Teil erst „unterwegs“ zusammengefunden haben.

In Saint Tropez löste sich die Zuggemeinschaft der Senderstörche „Walter“ und „Ernst“ auf. Walter versuchte, auf dem Weg über Sardinien nach Afrika zu gelangen, Ernst zog zurück auf die „übliche“ SW-Zugroute (Details siehe Kap. 3.1.2.2).

3.3.4 Senderstörche Lise, Robert und Werner

Die Senderstörche „Lise“ (Altreu), Robert und Werner (beide Avenches) fanden am 12.8.2000 in der Umgebung von Avenches zusammen und zogen am 13.8. gemeinsam nach Süden ab. Am 14.8. übernachtete der Trupp, der aus insgesamt 55 Weissstörchen bestand, auf einem Wasserturm bei St. Cristol nahe Lunel/Südfrankreich. Bei Abflug des Trupps vom Wasserturm am Morgen des 15.8. stürzten 13 der Störche in das Wasserbecken des oben offenen Wasserturms, darunter auch die Senderstörche Lise und Robert. Werner setzte den Zug nach Spanien fort.

Nach ihrer Rettung aus dem Wasserturm wurden die beiden Senderstörche zuerst in eine Vogelpflegestation gebracht und dort am 18.8. wieder freigelassen. Während einer der beiden direkt in Richtung Pyrenäen weiterzog, hielt sich der andere einige Tage lang in der Nähe des Freilassungsortes auf. Die Vögel zogen mit mehrtägigem Abstand nach Südspanien und weiter nach nach Westafrika.

3.3.5 Senderstörche Kasimir und Pumpi

Die beiden Senderstörche „Kasimir“ (Warth) und „Pumpi“ (Steinmaur) zogen am 23.8.2001 vom gleichen Startort in der Schweiz auf der Ostroute ab. Bis zum 28.8. lagen ihre Übernachtungsplätze bis zu 100 km auseinander. Am 29.8., am „Eisernen Tor“, dem Donaudurchbruch durch die Karpatenkette zur Kleinen Walachei, trafen die Vögel wieder zusammen, vermutlich aufgrund der „Flaschenhals“-Funktion des Karpatendurchbruchs. Gemeinsam zogen sie bis nach Syrien (Ankunft am 4.9.2001), dort spaltete sich die Zuggemeinschaft auf. Einer der Vögel rastete für 1 Tag, der andere zog direkt weiter. Die beiden Vögel erreichten den Sudan auf der gleichen Route, aber mit einem zeitlichen Abstand von 2 Tagen,

Die oben beschriebenen Beobachtungen machten folgendes deutlich:

1. Bei der ersten Truppbildung, die noch im Brutgebiet stattfindet, kommt es häufig zur Vergesellschaftung von Vögeln, deren Brutplätze mehr als 100 km auseinander liegen können. Dabei sind Gebiete, in denen viele Weissstörche vorhanden sind (z.B. Altreu), „Kristallisationspunkte“, die auch weiter entfernt erbrütete Störche anziehen.
2. Zuggemeinschaften beim Weissstorch können über viele Tage hinweg und über grosse Teilstrecken des gesamten Zugweges bestehen (z.B. auf dem gesamten europäischen Zugweg zwischen der Schweiz und Südspanien).
3. Nach Ankunft im Überwinterungsgebiet, einem „stopover“-Gebiet oder an Zugengpässen, wo mehrere Storchentrupps vorhanden sind, kommt es schnell zur Aufspaltung der vorher stabilen Zuggemeinschaften. Die Trupps vermischen sich, bauen sich neu auf und spalten sich wiederum in neue Gruppen. Ein gemeinsames Überwintern von „Familien“ oder Vögeln gleicher geografischer Herkunft tritt deshalb nur zufällig ein.

3.4 Zeitlicher Verlauf des Zuges

Im folgenden wird der zeitliche Ablauf des Zuges dargestellt, d.h. Abzugsdatum, Zuggeschwindigkeit und Dauer der verschiedenen Zugstrecken. Da aus Kostengründen jeweils nur während des Herbstzuges Daten kontinuierlich abgerufen wurden, sind die Angaben über den Herbstzug jeweils sehr genau (grosser Stichprobenumfang), Angaben über den Rückzug jedoch weniger genau, da nur wenige vollständige Rückzugsphasen analysiert werden konnten.

In der hier vorgestellten Auswertung sind lediglich die zeitlichen Abläufe beinhaltet. Unterschiede der Vögel in der Wahl ihrer endgültigen Überwinterungsorte (wie viele Vögel überwintern in Spanien, wie viele in Westafrika usw.) werden in einem separaten Bericht über die Rast und Überwinterungsgebiete dargestellt.

3.4.1 Teilstrecke Schweiz bis Südspanien

3.4.1.1 Abzug aus der Schweiz (Abb.21)

Die folgenden Angaben basieren ausschliesslich auf satellitentelemetrischen Daten. Direktbeobachtungen über den Abzug liegen nicht vor. Nach Ende der Brutsaison begannen viele der besenderten Störche, in der Schweiz kürzere Ortsveränderungen durchzuführen. Als Abzug wurde jedoch eine Ortsveränderung erst dann gewertet, wenn ein Vogel sich mindestens bis in die Südwestecke der Schweiz (Südspitze Genfer See) begeben hatte. Vögel, die in der südöstlichen Schweiz oder in Frankreich besendet worden waren, galten dann als abgezogen, wenn sie die Schweiz bzw. ihr Besenderungsgebiet in südwestlicher Richtung verlassen hatten und sich in den folgenden Tagen weiter nach Süd bzw. Südwest bewegten.

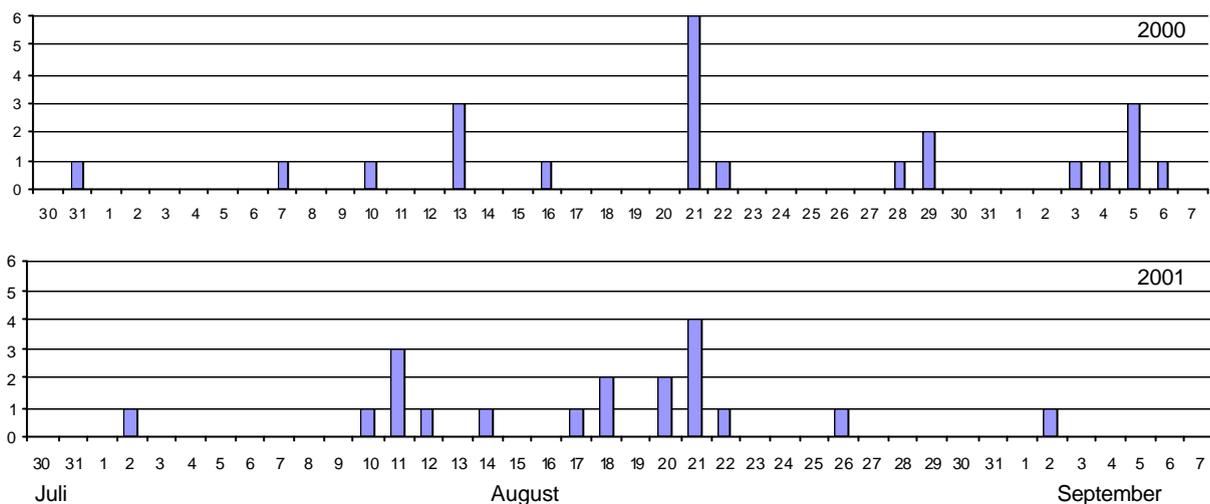


Abb.21: Abzug besonderer Weissstörche aus der Schweiz und dem Elsass in den Jahren 2000 und 2001

Abb.21 zeigt, dass Weissstörche aus der Schweiz und dem Elsass ihre Brutgebiete über einen Zeitraum von etwa 5 Wochen (31. Juli bis 6. September) verliessen (23 Abzüge im Jahr 2000, 19 Abzüge im Jahr 2001). Die Haupt-Abzugszeit liegt etwa zwischen dem 10. und 22. August, das genaue Timing des Abzugs ist jedoch erheblich von der jeweiligen klimatischen Lage abhängig. Der Abzug vieler Vögel innerhalb weniger Tage wird stets ausgelöst durch stabile Hochdruck-Wetterlagen oder Zwischenhochs, die den Vögeln gute Voraussetzungen zum Thermiksegeln bieten. Längere Phasen ohne Abzug mit darauffolgendem starken Abzug waren gekennzeichnet durch Wetterlagen, die schlechte Bedingungen für Thermikflug boten. So ist es zu erklären, dass im Jahr 2000 zum Ende des gesamten ermittelten Abzugszeitraums in kurzer Zeit noch einmal 6 Vögel das Brutgebiet verliessen. Auch die Unterschiede des Abzugszeitraums in den Jahren 2000 und 2001 ergeben sich aus klimatisch bedingten unterschiedlichen Zugvoraussetzungen.

3.4.1.2 Aufenthaltsdauer (stopover) in Südspanien

Vor der Überfliegung der Strasse von Gibraltar nach Spanien legten viele der Senderstörche in der Südspitze Spaniens eine mehrtägige Rast ein. Die Aufenthaltsdauer der Senderstörche in Südspanien war sehr unterschiedlich, schon deshalb, weil nicht alle Vögel nach Afrika zogen, sondern viele bereits in Südspanien überwinterten. In der folgenden Berechnung sind deshalb nur solche Vögel berücksichtigt, die entweder direkt nach Afrika weiterzogen oder Südspanien vor dem Weiterzug lediglich als „stopover“-Gebiet (Zwischenrastgebiet) nutzten. Einbezogen wurden auch solche Vögel, die später noch während des Zuges durch Westafrika verunglückten. Die Daten der Jahre 2000 und 2001 wurden gemeinsam berechnet. Die Angaben beziehen sich somit nicht auf individuelle Vögel, sondern auf Afrikazüge, teilweise 2 vom gleichen Vogel.

Insgesamt 17 Afrikazüge konnten in die Berechnung einbezogen werden. 10 dieser Afrikazüge beinhalteten einen mehrtägigen Aufenthalt in Südspanien, 7 mal flogen die

Vögel ohne jeden Aufenthalt (d.h. am gleichen Tag oder nach nur 1 Übernachtung) nach Marokko weiter. Die Vögel mit Zwischenrast (n=10) hielten sich durchschnittlich $12,3 \pm 8$ Tage in Südspanien auf (2 – 26 Tage).

Für die Dauer der Zwischenrast lassen sich keine Ursachen definitiv zuordnen. Drei Komponenten spielen eine Rolle:

1. Bei starkem Gegenwind ziehen die Vögel nicht weiter, sondern warten in der Südspitze Spaniens günstigere Wetterbedingungen ab.
2. Aufgrund der grossen Konzentration nicht weiterziehender Störche in Südspanien (siehe Bericht über die Rast- und Überwinterungsgebiete) wird eine soziale Komponente wirksam, die den Weiterzug verzögern oder gar unterbinden kann.
3. Die für die Störche in Südspanien (Mülldeponien) optimalen Nahrungsbedingungen selbst verzögern den Weiterzug, oft halten sie die Vögel bis zum Erlöschen des Herbstzug-Triebs fest.

3.4.2 Teilstrecke Südspanien bis Mauretaniien/Mali

3.4.2.1 Ankunft im westafrikanischen Überwinterungsgebiet (Abb.22)

Von 15 Abzügen (teilweise mehr als 1 Abzug pro Vogel) liegen aus den Jahren 2000 und 2001 Angaben über das Ankunftsdatum im westafrikanischen Überwinterungsgebiet vor. Eine Satellitenkoordinate wurde nur dann als Ankunftscoordinate im Überwinterungsgebiet gewertet, wenn ein Vogel die Nordgrenze des Überwinterungsgebiets (siehe Bericht zur Ökologie der Überwinterungsgebiete) erreicht hatte und in den Folgetagen

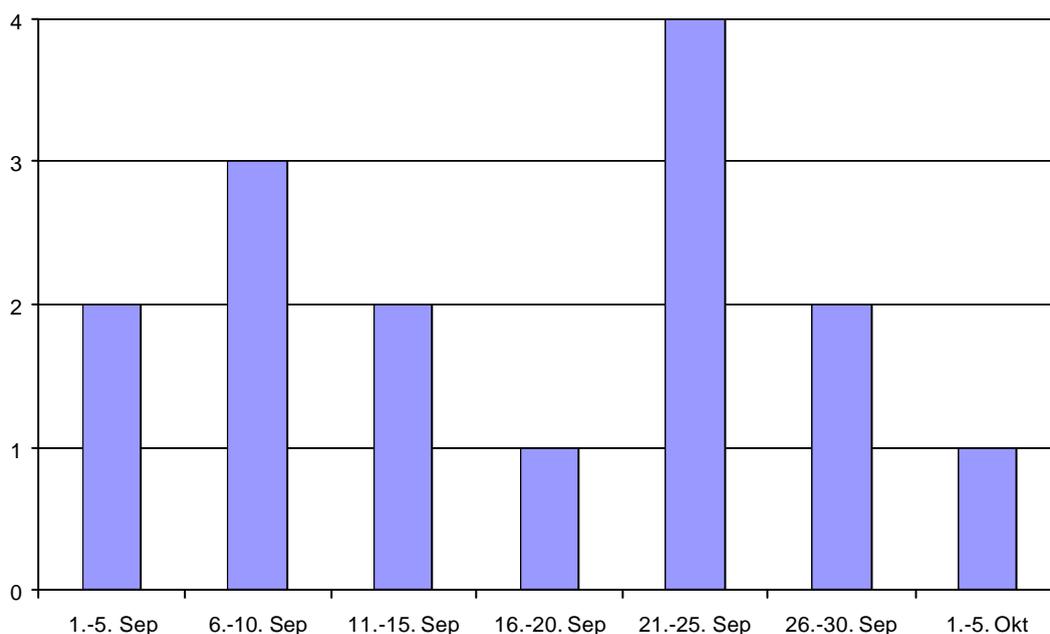


Abb.22: Ankunft besonderer Weissstörche im westafrikanischen Überwinterungsgebiet (Mauretaniien/Mali)

keine deutlichen N-S-Ortsveränderungen mehr ausführte. Vögel, die nachweislich nördlich des westafrikanischen Überwinterungsgebiets verunglückten oder verschollen, sind hier nicht einbezogen.

Die erste Ankunft besenderter Weissstörche im westafrikanischen Überwinterungsgebiet erfolgte am 4. September, die letzte am 2. Oktober. Die Ankunften erstrecken sich somit über einen Zeitraum von 4 Wochen. In Abb.22 ist die Verteilung der Abzugsdaten in Pentaden-Intervallen dargestellt. Es zeigt sich eine gleichförmige Verteilung der Ankunften über den gesamten Zeitraum, mit einem statistisch nicht abgesicherten Peak im letzten Septemberdrittel.

3.4.2.2 *Aufenthaltsdauer im westafrikanischen Überwinterungsgebiet*

Der Zeitraum des Aufenthalts der Senderstörche im westafrikanischen Überwinterungsgebiet erstreckte sich, basierend auf den vorliegenden Daten, vom 4.9. (siehe oben) bis zum 24.3.. Berechnungen über die Aufenthaltsdauer lassen sich nur bei solchen Vögeln vornehmen, bei denen Ankunfts- und Abzugstermin im westafrikanischen Überwinterungsgebiet definitiv bekannt sind. Als Abzugsdatum wurde das Datum einer Koordinate nur dann gewertet, wenn der entsprechende Vogel in den folgenden Tagen in nördlicher Richtung flog, ohne weitere Aufenthalte in anderen Bereichen des Überwinterungsgebiets, und wenn er am Ende dieses Zuges mindestens Marokko erreichte. Da viele der Vögel, von denen das Ankunftsdatum im Überwinterungsgebiet bekannt ist, in Westafrika verschollen gingen (verunglückt, Senderausfall), liegen Daten über die Aufenthaltsdaten nur von 4 Vögeln vor.

Die durchschnittliche Aufenthaltsdauer von 4 Senderstörchen im westafrikanischen Überwinterungsgebiet betrug $173,3 \pm 17,7$ Tage (150 – 193 Tage). Einer dieser Vögel verliess das Überwinterungsgebiet bereits am 26.2., die drei anderen unabhängig voneinander zwischen dem 19. und 24.3..

3.5 **Zuggeschwindigkeit**

Der Ermittlung der Zuggeschwindigkeit, d.h. der täglich zurückgelegten Strecken während des Zuges (km pro Tag), liegen die direkten Verbindungslinien zwischen bereinigten Übernachtungskordinaten zugrunde. Dabei wurden nur solche Tagesstrecken berücksichtigt, bei denen sich die Vögel um mindestens 50 km in Zugrichtung fortbewegt hatten. Es wurden auch Daten von Vögeln berücksichtigt, von denen nur Teilbereiche einer gesamten Zugroute vorlagen, weil sie während des Zuges verschollen gingen oder nachweislich verunglückten. Für die Ermittlung der durchschnittlichen Zugleistung wurden die Tagesstrecken aller einbezogenen Vögel gemeinsam verrechnet.

Die zurückgelegten Tagesstrecken wurden direkt im Geografischen Informationssystem (GIS) mit Hilfe einer speziellen Extension für Entfernungsmessung (Jenness, Path with Distances and Bearings v.2) ermittelt. Um möglichst genaue Entfernungangaben zu erhalten, wurden die Karten für die Entfernungsmessungen jeweils equidistanz-azimuthal

projiziert. Die Projektionsparameter Zentraler Meridian und Breitenreferenz wurden für die Zugabschnitte Europa (Schweiz bis Südspanien) und Afrika (Strasse von Gibraltar bis Mauretanien/Mali) im jeweiligen Mittelpunkt des abgedeckten Gebiets gewählt. Europa: Zentraler Meridian: 2°E, geografische Breitenreferenz: 42°N. Westafrika: Zentraler Meridian: 7°W, geografische Breitenreferenz: 25°N. Auch für die Messung der Zugstrecken in Ostafrika wurden entsprechende Projektparameter gewählt.

Zugstrecke	n Zugstrecken	n Vögel	n Tagesstrecken	Ø km/Tag	Stand.-Abw.	Min-Max (km)
Westroute, Europa Nord-Süd	34	33	269	192,58	85,81	51,5-558,3
Westroute, Europa Süd-Nord	4	4	41	162,45	96,90	55,7-447,2
Westroute, Westafrika Nord-Süd	16	14	121	270,86	96,32	66,6-658,5
Westroute, Westafrika Süd-Nord	3	3	20	189,56	105,14	58,5-397,0
Ostroute bis Syrien, Europa N-S	2	2	23	243,40	127,17	75,5-528,5
Ostroute Syrien bis Sinai, N-S	2	2	7	151,83	38,12	113,8-219,2
Ostroute, Ägypten bis Tschad	2	2	11	364,05	71,31	275,4-472,6

Da nur während des Herbstzuges die Satellitendaten kontinuierlich abgerufen wurden, ist der Stichprobenumfang für die Berechnung der N-S-Tagesstrecken wesentlich höher als für S-N-Tagesstrecken. Die Herbstzug-Ergebnisse sind somit zuverlässiger als Ergebnisse vom Frühjahrszug. Die Daten vom Zug auf der Ostroute stammen von nur 2 Vögeln und sind somit in ihrer Qualität nicht vergleichbar mit Daten aus Projekten, die sich intensiv mit dem Zug auf der Ostroute befassen. Sie werden deshalb im folgenden nicht weiter analysiert.

Die Ergebnisse lassen erkennen, dass während des Nord-Süd-Zuges auf der Westroute sowohl in Europa als auch in Afrika grössere Zugstrecken als bisher vermutet zurückgelegt werden können. Die Maxima lagen in Europa bei 558 km und in Westafrika sogar bei 659 km. Die durchschnittlichen Tagesstrecken lagen bei 193 km/Tag (Europa) bzw. bei 270 km/Tag (Afrika). Der Zug über die Sahara erfolgt somit erheblich schneller als über Europa. Hinsichtlich der Tages-Zugstrecken spielen Windrichtung und Windgeschwindigkeit eine entscheidende Rolle. Der N-S-Windvektor v-wind (siehe Kap. 3.2.6) wurde bisher nicht hinsichtlich der Tages-Zugstrecken ausgewertet. Es ist anzunehmen, dass vor allem über der Sahara die Zuggeschwindigkeit vom meridionalen Windvektor (NCEP Reanalyse-Daten) erheblich beeinflusst wird.

Während des Süd-Nord-Zuges durch Europa lagen die maximalen Tagesstrecken bei 447 km (Europa) bzw. 397 km (Westafrika), also deutlich niedriger als während des Herbstzuges. Auch die durchschnittlich zurückgelegten Tagesstrecken waren während des Frühjahrszuges (163 km in Europa, 190 km in Afrika) geringer als während des Herbstzuges.

Hinsichtlich der zurückgelegten Tagesstrecken widersprechen die Ergebnisse dieser Analyse somit der bisherigen Annahme, der Frühjahrszug erfolge zügiger als der Herbstzug, da die Vögel zum frühestmöglichen Brutbeginn in ihren Brutgebieten eintreffen wollen. Zu berücksichtigen ist hierbei allerdings, dass die überwiegende Mehrzahl der in der vorliegenden Untersuchung einbezogenen Vögel juvenile Nichtbrüter waren. Im Gegensatz zu Brutvögeln haben sie es nicht „eilig“, ihren Nistplatz zu besetzen. Sie vagabundieren eher, wobei sie kontinuierlich auf der Suche nach geeigneten Übersommerungsgebieten sind. Eine Untersuchung von hauptsächlich adulten Vögeln hätte möglicherweise Ergebnisse erbracht, die den vorherigen Annahmen entsprechen.

3.6 Zugdauer

Als Zugdauer wurde ermittelt, wie viele Tage die Vögel durchschnittlich benötigten, um die Teilstrecken Schweiz-Südspanien bzw. Südspanien-Mauretaniien/Mali zurückzulegen. Dabei wurden ausschliesslich solche Vögel berücksichtigt, die jeweils die gesamte Teilstrecke bzw. die Gesamtstrecke Schweiz-Mauretaniien/Mali zurückgelegt hatten. Unterwegs verschollene oder verunglückte Vögel wurden nicht einbezogen. Als Zugdauer wurden alle Tage gerechnet, in denen die Vögel zogen, d.h. jeweils auch der Abflug- und Anflugtag, unabhängig von der Uhrzeit, zu der die Vögel das Ausgangsgebiet verliessen oder am Zielgebiet eintrafen.

Vom Brutgebiet bis nach Südspanien waren die Vögel durchschnittlich $10 \pm 2,4$ Tage unterwegs (7 – 17 Tage) ($n = 29$ Zugwege). Nicht einbezogen wurden in diese Berechnung zwei Vögel, die bereits in Spanien bzw. Südfrankreich mehrtägige Rasten einlegten sowie zwei Vögel, die aufgrund eines Unfalls auf einem Wasserturm bei Lunel für mehrere Tage in einer Vogelpflegestation untergebracht waren.

Die Zugdauer von Südspanien bis ins Überwinterungsgebiet in Mauretaniien/Mali betrug durchschnittlich $9,7 \pm 1,7$ Tage (7 – 13 Tage) ($n = 15$ Zugwege).

Für insgesamt 12 Zugwege (ohne Vögel, die schon in Spanien bzw. Südfrankreich mehrere Tage lang rasteten) lagen Daten für die gesamte Zugstrecke Schweiz bis Westafrika vor. Für die Berechnung ihrer durchschnittlichen Zugdauer wurden die Daten auf reine Zugtage bereinigt, d.h. es wurden jeweils nur die Zugtage abzügl. der Aufenthaltstage in Südspanien gerechnet. Ihre durchschnittliche Zugdauer betrug $20,1 \pm 3,2$ Tage (16 – 27 Tage) ($n = 12$ Zugwege). Nur 4 dieser Störche zogen ohne Zwischenrast in Südspanien. Die durchschnittliche Zugdauer dieser Vögel alleine von der Schweiz bis nach Mali/Mauretaniien betrug $21,0 \pm 4,7$ Tage (16 – 27 Tage) ($n = 4$ Zugwege). Das Ergebnis entspricht somit dem der Berechnung unter Verwendung der „bereinigten“ Zugtage aller verfügbaren Zugwege.

Aus der Berechnung der Zugleistung unter ausschliesslicher Berücksichtigung derjenigen Zugwege, aus denen durchgehend Daten vorlagen, berechnet auf der Basis von reinen Zugtagen (im Gegensatz zur genaueren Berechnung aus individuellen Tagesstrecken, siehe vorne), ergibt sich somit folgendes Bild:

Für die Strecke Schweiz/Elsass/SW-Deutschland bis Südspanien benötigen die Vögel durchschnittlich 10 Zugtage. Bei einer Zugstrecke von etwa 1.800 km errechnet sich eine durchschnittliche Tagesleistung von 180 km.

Die Strecke Südspanien bis Mauretanien/Mali legen die Vögel ebenfalls in durchschnittlich 10 Tagen zurück. Die durchschnittliche Tagesleistung beträgt bei der Zugstrecke von ca. 2.300 km somit ca. 230 km.

Durchschnittlich 20 Zugtage benötigen die Vögel von der Schweiz bis Mauretanien/Mali. Ihre tägliche durchschnittliche Zugleistung liegt bei der Gesamtstrecke von etwa 4.100 km bei 205 km.

Adresse des Autors:

Dr. Holger Schulz
Goosstroot 1, D-24861 Bergenhusen
Tel: 0049-4885-902210
eMail: schulz.wildlife@t-online.de