

Kirsten Stöven, Frank Jacobs, Ewald Schnug

Guano – ein historisches Düngemittel

Guano – a historical fertilizer

Zusammenfassung

Als Guanos werden Lagerstätten bezeichnet, die in nahezu regenlosen und warmen Klimaten aus den Exkrementen, Eierschalen und Kadavern von Seevögeln entstehen und den gleichnamigen Dünger erzeugen. Dieser organische Dünger lässt sich unterscheiden nach seinem Alter und seiner Genese, seiner geographischen Herkunft, seinen verschiedenen tierischen Produzenten und nach seiner chemischen Zusammensetzung. Die beiden Haupttypen sind Stickstoff- und Phosphat-Guanos. Phosphat-Guanos benötigen für ihre Entstehung einen kalkhaltigen Untergrund, Stickstoff-Guano-Lagerstätten entstehen unter klimatischen Sonderbedingungen im Bereich des subtropisch-randtropischen Hochdruckgürtels mit seinen Küstenwüsten, deren Bildung durch kalte und sehr nährstoffreiche Auftriebsgewässer geprägt ist. Der bedeutendste Guano ist der Peru-Guano, der bereits über 2000 Jahre als natürlicher Dünger in Peru verwendet wird. In Europa brach ab 1840 der Guano-Boom aus und dauerte bis Anfang des 20. Jahrhunderts als Guano durch industrielle Dünger ersetzt wurde. Nachdem die Guano-Lagerstätten nahezu erschöpft waren, führte die peruanische Regierung eine strenge Reglementierung für den Abbau und Auflagen zur nachhaltigen Bewirtschaftung der Lagerstätten ein. Die Abbautechnik erfolgt in nahezu unveränderter Form. Der gegenwärtig erzeugte Guano wird zu Vorzugspreisen an die peruanische Landbevölkerung abgegeben. Nur noch ein kleiner Anteil wird auf den europäischen Markt zur Veredlung von Gartendüngern exportiert. Ein Nischenprodukt stellt Fledermaus-Guano dar, der eine Sonderstellung einnimmt.

Stichwörter: Abbau, chemische Zusammensetzung, Guano, Historie, organischer Dünger, Seevogel exkrement

Abstract

As guanos are called natural mineral deposits of almost rainless hot-dry climatic regions composed by excrements, eggshells and carcasses of dead seabirds which are components of the correspondent manure used as fertilizer. The organic fertilizer is differed relating to its age, genesis, geographical origin, several animal producers and chemical composition. The main types are Nitrogen and Phosphate guanos. Phosphate guano requires a calcareous subsoil for the development, while Nitrogen guano deposits are formed under special climatic conditions as the area of the subtropical-edge tropical high pressure belt with coastal deserts. Its formation is marked by cold and highly nutritious waters. The most significant nitrogen guano is the Peru-guano, which has been used over 2000 years as agricultural fertilizer in Peru. In Europe emerged the application of guano as fertilizer in 1840 as “guano boom” and lasted until the early 20th century when Guano was replaced by industrial manufactured fertilizers. Upon Guano residues are exploited almost completely the Peruvian government started the sustainable guano retrieval Guano currently produced is discharged at preferential prices to the Peruvian rural population. Only a small quantity is still exported to Europe as fertilizer enhancement. A niche product is bat guano, which occupies a special position.

Key words: Chemical composition, Guano, history, mining, organic fertilizer, seabird excrement

Einleitung

Das Wort Guano entstammt der peruanischen Ursprache Quechua; von „Huano“, das übersetzt „Mist, mit dem man

Institut

Julius Kühn-Institut – Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Braunschweig

Kontaktanschrift

Dr. Kirsten Stöven, Julius Kühn-Institut, Bundesforschungsinstitut für Kulturpflanzen, Institut für Pflanzenbau und Bodenkunde, Gebäude 250, Bundesallee 50, 38116 Braunschweig, E-Mail: kirsten.stoeven@julius-kuehn.de

Zur Veröffentlichung angenommen

9. Mai 2016

düngt“ bedeutet (RIECHMANN, 2003). Unter dem Oberbegriff Guano versteht man im Allgemeinen Lagerstätten aus Exkrementen, Kadavern und Eierschalen von Seevögeln, die sich unter bestimmten klimatischen Voraussetzungen in eben diesen Dünger verwandeln. Eine Sonderstellung nehmen sogenannte Fledermaus-Guanos ein, die vereinzelt in großen Höhlen, insbesondere im asiatischen und karibischen Raum gefunden und lokal verwendet oder selten als Düngerqualität gehandelt werden. Fledermaus-Guanos werden hier nur am Rande behandelt. Der Begriff „Guano“ bezieht sich also stets auf Seevogel-Guano. In der Literatur finden sich für Guano verschiedene Unterscheidungskriterien. So lässt er sich unterscheiden nach seinem Alter und seiner Genese, seiner chemischen Zusammensetzung, seiner geographischen Herkunft und nach seinen verschiedenen tierischen Produzenten.

Unterscheidung nach Alter und Genese

Bei einer Differenzierung nach Alter und Genese wird unterschieden zwischen rotem und weißem Guano. Roter Guano, der fossil vorkommt, ist ein biogenes Sediment (VELTY, 2003). Es handelt sich dabei um einen reinen Phosphatdünger mit 20–30% Phosphorsäuregehalt. Weißer Guano hingegen stellt eine rezente Bildung dar und bezeichnet den Guano, der tagtäglich durch tierische Ausscheidungen – insbesondere durch Seevogel produziert wird. Er besteht zu 10–12% aus Stickstoff, 10–12% aus Phosphorsäure (P_2O_5) und zu drei Prozent aus Kali (K_2O) (TIETZE, 1973).

Unterscheidung nach chemischer Zusammensetzung

Unter chemischen Gesichtspunkten lassen sich die Guanos nach ihren Hauptinhaltsstoffen in die Phosphat- und Stickstoff-Guanos einteilen.

Phosphat-Guanos entstehen unter dem Einfluss von Regen oder Meeresbrandung, wodurch lösliche Stickstoff- und Phosphatverbindungen aus dem Material ausgewaschen werden. Findet dieser Vorgang auf einem kalkhaltigem Untergrund statt (z.B. Korallenbank etc.), so entstehen aus ausgewaschenen Phosphaten und dem Kalk der Korallenbänke überwiegend stark kompaktierte Guanos apatitischer Struktur, die als sog. Rockguanos bezeichnet werden (HUDSON INSTITUTE OF MINERALOGY, 2016). Diese können auch als sekundäre Rohphosphat-Lagerstätten bezeichnet werden. Die ausgelaugten Guanos an der Oberfläche der sekundären Lagerstätten sind stickstoffarm, enthalten jedoch große Mengen schwerlöslicher Mono- bis Tricalciumphosphate.

Bekannte Vertreter der Phosphat-Guanos fanden sich auf den Koralleninseln im Pazifik und in der Karibik, die namensgebend für diese Guanosorten waren. MEYERS GROSSES KONVERSATIONS-LEXIKON von 1907 nennt als typische Guano-Phosphate z.B. Baker-Guano, Howland-Guano, Jarvis-Guano und Sydney-Island-Guano, die nach den

im Pazifik gelegenen Koralleninseln und den in der Karibik befindlichen Inseln mit Sombrero-Guano, Navassa-Guano, Aves-Guano und Curassao-Guano benannt wurden. Weitere bekannte äquatorial-pazifische Phosphat-guano-Lagerstätten bildeten der fossile Nauru-Guano und Guano von den Christmas-Islands sowie der nach der gleichnamigen chilenischen Halbinsel benannte Mejillones-Guano (WEISCHEDEL und KAISER, 2003). Typisch für diese Phosphat-Guanos ist der fehlende oder nur sehr geringe Stickstoffgehalt. Da diese Sorten fast ausschließlich aus Tricalciumphosphaten bestehen, ist erst nach einem Schwefelsäureaufschluss eine rasche Pflanzenverfügbarkeit der Phosphate gewährleistet; sie dienen somit vorwiegend als Rohstoff der Superphosphat-Industrie.

Als Stickstoff-Guanos werden die Guanosorten mit hohem Stickstoffgehalt bezeichnet. Sie enthalten Stickstoff im einstelligen bis unteren zweistelligen Prozentanteil. In diesen als Stickstoff-Guanos klassifizierten Rohguanos ist jedoch der Gehalt an Phosphat im Regelfall fast immer höher als an Stickstoff. Sie gelangten ohne weitere industrielle Aufbereitung als Dünger in den Handel.

Die Zusammensetzung von Guanos verschiedener Lagerstätten ist exemplarisch in Tab. 1 und 2 dargestellt. Ihre Lage zeigt die Übersichtskarte in Abb. 1.

Unterscheidung nach der geographischen Herkunft

Ein weiteres Unterscheidungskriterium für die verschiedenen Guanosorten lieferte die geographische Herkunft. Sie ist eng verknüpft mit den jeweiligen klimatischen Bedingungen, die für die Entstehung von Guano-Lagerstätten erforderlich sind.

Phosphat-Guanos finden sich hauptsächlich auf einigen äquatorial-pazifischen und karibischen Inseln, da nur dort im tropischen-subtropischen Raum durch entsprechende Wassertemperaturen die klimatischen Voraussetzungen für das Wachstum von Korallenriffen gegeben sind, die den kalkhaltigen Untergrund für die Bildung von Phosphat-Guanos darstellen.

Für die Entstehung von phosphorreichen Stickstoff-Guanos gelten andere klimatische Bedingungen. Maßgebend für ihre Bildung ist eine ausreichend große Seevogelpopulation, die wiederum ihrerseits auf eine reiche Nährstoffversorgung angewiesen ist, um ausreichend Exkremente zu produzieren. Diese Exkremente lagern sich bis in mehrere Dezimeter mächtigen Schichten auf den von Seevögeln bevölkerten Inseln und Landvorsprüngen. Eine weitere Grundvoraussetzung für eine Ausbildung solcher Stickstoff-Guano-Lagerstätten ist extreme Niederschlagsarmut bzw. Trockenheit, da andernfalls die Exkremente der niederschlagsbedingten Abspülung unterliegen und sich dann keine massiven Guanolagerstätten bilden können. Solche klimatischen Sonderbedingungen finden sich im Bereich des subtropisch-randtropischen Hochdruckgürtels mit seinen Küstenwüsten, deren Bildung durch kalte und sehr nährstoffreiche Auftriebsgewässer geprägt ist (WIMMER und HOLZWARTH, 2013).

Tab. 1. Zusammensetzung von Phosphat-Guanos verschiedener Lagerstätten (%)

Herkunft	Howland Island – UM-84*	Baker Island – UM-81*	Enderbury Island – Republic of Kiribati	Jarvis Island – UM-86*	Malden Island – Republic of Kiribati	Mejillonez – Chile	Curacao – Niederlande
Bezeichnung in Abb. 1	A	B	C	D	E	F	G
Wasser	12	11	12	12	5	10	1
C _{org}	12	9	7	8	2	8	1
N	k.A.	0,5	k.A.	0,5	k.A.	0,7	k.A.
P ₂ O ₅	33	33	37	23	37	38	40
K ₂ O	k.A.	k.A.	k.A.	0,5	k.A.	k.A.	k.A.
CaO	40	40	42	35	49	34	50

* United States Minor Outlying Islands – UM-Landescode
Quelle: MAYER (1928); WICHERN und WÖHLBIER in HONCAMP (1931)

Tab. 2. Zusammensetzung von Stickstoff-Guanos verschiedener Lagerstätten (%)

Herkunft	Peru	Südafrika	Namibia	Ägypten	Fledermaus
Bezeichnung in Abb. 1	H	I	J	K	L
Wasser	7,8	< BG	< BG	< BG	22
C _{org}	45	18–44	< B	39	79
N	8–15	3–9	5–7	11	8–13
P ₂ O ₅	8–15	7	12–14	9	2–5
K ₂ O	2–4	3	k.A.	k.A.	2
CaO	< BG	< BG	< BG	< BG	< BG

k.A.: keine Angabe
BG: Bestimmungsgrenze
Quelle: MAYER (1928)

Bedeutende Stickstoff-Guanolagerstätten von großer Mächtigkeit finden sich daher vorwiegend im Pazifik auf Inseln vor der Westküste Südamerikas, in Peru, Chile und Bolivien. Dort fließt der kalte, plankton- und fischreiche Humboldt-Strom, der große Populationen von Seevögeln ernährt. Das Pendant bildet der ebenfalls aus antarktischen Ursprungsgewässern gespeiste Benguela-Strom im Südatlantik vor Namibia (ehem. Südwest-Afrika) mit der Namibwüste und Südafrika. Hier ist die ca. 6,5 ha großen Insel Ichaboe (Namibia) zu nennen, auf der sich eine bis zu 12 m mächtige Guano-Lagerstätte befand.

Die in der Vergangenheit kommerziell wichtigsten Guano-Lagerstätten fanden sich jedoch in Südamerika zwischen dem 8. und 15. Grad südlicher Breite an der peruanischen Küste und den vorgelagerten Inseln. Mit dem Peru-Guano werden sich auch die weiteren Ausführungen ausführlich beschäftigen.

Die bekanntesten und bedeutensten und hier bis zu 30 m mächtigen Guano-Lagerstätten befanden sich auf

den Chincha-Inseln – einer Gruppe von drei kleinen, aus Granit-Gestein bestehenden, allseitig durch steile Klippen begrenzten Inseln ca. 21 km vor der peruanischen Südwestküste nahe der Stadt Pisco gelegen.

Unterscheidung nach den verschiedenen tierischen Produzenten

Eine weitere Unterscheidung der Guanotypen kann nach seinen verschiedenen tierischen Produzenten erfolgen. Die mit Abstand wichtigsten Guano-Produzenten sind sich ausschließlich von Fisch ernährende Seevogelarten, die in großen Kolonien auf den Guano-Inseln vor den Küsten Afrikas und Südamerikas leben. Sie sind sich in ihren ökologischen Ansprüchen sowie in ihrem Nahrungs- und Fortpflanzungsverhalten sehr ähnlich. In Südamerika sind die wichtigsten Guano-Produzenten der Guanokormoran (*Leucocarbo bougainvillii* bzw. *Phalacrocorax bougainvil-*



Abb. 1. Bedeutende Lagerstätten von Phosphat-Guanos (A-G), Stickstoff-Guanos (H-K) und Fledermaus-Guanos (L).

lii), der Peru- bzw. Chile-Pelikan (*Pelecanus thagus*), der Guanotöpel (*Sula variegata*) – auch Peruanischer Töpel genannt, der Garnot-Sturmvogel (*Pelecanoides garnotii*) und verschiedene Albatrossarten (Diomedidae). In Südafrika sind die Küstenscharbe (*Phalacrocorax neglectus*), der Kaptöpel (*Morus capensis*), der Kapkormoran (*Phalacrocorax capensis*) und verschiedene Albatrossarten (Diomedidae) die wichtigsten Guano-Produzenten (KRETZSCHMAR, 1990). Für die äquatorial-pazifischen und karibischen Inseln sind verschiedene Töpelarten (Sulidae), Fregattvogelarten (Fregatidae) und Seeschwalbenarten (Sternidae) als wichtigste Guano-Produzenten zu nennen.

Im Vergleich zu den zahlenmäßig weit überlegenen Seevögeln sind als weitere Guano-Produzenten nachrangig die Pinguine (Spheniscidae) zu erwähnen, wenngleich sie als Markentier für Guano schlechthin bekannt sind (Abb. 2). Hier sind für Südamerika der Humboldtpinguin und Galápagospinguin und für Südafrika der Brillenpinguin zu nennen.

Einen Sonderfall tierischer Guano-Produzenten stellen die Fledermäuse (Chiroptera) dar. Der aus den Exkrementen der Tiere in Höhlen in oft großen Mengen erzeugte rezente Fledermaus-Guano (Chiropterit) (RÖMPP, 2002) wird aktuell unter anderem in Italien (Sardinien), Spanien (Andalusien), Ungarn, Ägypten, den Vereinigten Staaten (Arkansas, Texas), Mexiko und Jamaica sowie in Südwestafrika und im indisch-pazifischen Raum (Ceylon, Indonesien/Sumatra/Borneo) kommerziell gewonnen (REMINGTON und FRANCIS, 1953) und als besonders stickstoffreicher wertvoller Dünger (sogenannter „Bat-Guano“) vermarktet. In Deutschland produzieren die heimischen Mikrochiroptera-Arten den Fledermaus-Guano (KÖRBE et al., 1995).

Im Gegensatz zu Seevogel-Guano hat Fledermaus-Guano keinen strengen Eigengeruch, denn die als Gua-



Abb. 2. Der Pinguin als Markenzeichen in der Guano-Werbung für Compo®-Gartenpflanzen-Dünger.

no-Produzenten fungierenden Fledermausarten ernähren sich von Früchten und Insekten (RIECHMANN, 2003). Fledermaus-Guano ist daher optisch an den darin enthaltenen Chitinresten der unverdaulichen Außenskeletteilen (Flügel) der verzehrten Beuteinsekten erkennbar. Der vermarktete Fledermaus-Guano enthält zwischen 3 und 8,5 Prozent Stickstoff und 2–19 Prozent Phosphorsäure und zeichnet sich durch seinen fast neutralen pH-Wert um 7,5 aus. Der enthaltene Harnstoff gibt den Pflanzen einen sofortigen „Stickstoffschub“, während die Chitinreste der Insekten als N-Depot wirken und erst durch den mikrobiellen Zersetzungsprozess im Boden die Pflanzen mit Stickstoff versorgen (RIECHMANN, 2003). Allerdings ist der kommerzielle Abbau von Fledermaus-Guano in großem Stil nicht unumstritten, da er zu einer beträchtlichen Ruhestörung der Fledermäuse führen kann.

Die in Deutschland praktizierte Gewinnung von Fledermaus-Guano beschränkt sich auf von Hobbygärtnern genutzte Kleinmengen (max. einige 100 kg), die durch manuelles Absammeln des Fledermauskotes hauptsächlich von Kirchendachstühlen gewonnen werden. Das Bayerische Landesamt für Umwelt stuft in Deutschland erzeugten Fledermaus-Guano als hygienisch unbedenklich ein (BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2015).

Über die Gewinnung von Fledermaus-Guano in Deutschland wird bereits 1866 berichtet. In einem Aufsatz in „Westermann´s Monatsheften“ heißt es: „Der Fledermäuse-Guano ist auch bisher als nutzbares Düngemittel nicht ganz übersehen worden; im Nassauischen hat man schon viele Wagenladungen desselben von alten Kirchenspeichern gewonnen, und als Dünger verkauft“ (NÖGGERATH, 1866).

Alternativer Guano

Aufgrund ständig steigender Nachfrage und rapide abnehmenden Vorräten suchte man in letzten Viertel des 19. Jahrhunderts nach preisgünstigen Alternativen für den teuren „echten Peru-Guano“, der den Düngemittelmarkt beherrschte. Als Ersatz wurden künstliche Mischungen aus Pinguin- und Robben-Fäkalien von minderer Qualität auf den europäischen Markt exportiert. Auch in Deutschland arbeitete man mit alternativen Düngemitteln. Mit Schwefelsäure behandelte Fische und Fischabfälle wurden getrocknet und kamen in pulverisierter Form als „Helgoländer Fisch-Guano“ auf den Markt. Auch „Altonaer Algen-Guano“ und entsprechend behandelte Walfischabfälle wurden als „Walfisch-Guano“ vermarktet. Besonders exotisch war die Verarbeitung von Maikäfern zu Guano für Dünge Zwecke (RIECHMANN, 2003).

Entstehung und Aufbau der Lagerstätten

Durch den natürlichen Alterungsprozess haben alle Guanolagerstätten einen typischen Schichtaufbau und besitzen eine auffällige dreischichtige Horizontierung (WEISCHEDEL und KAISER, 2003).

Die oberste Schicht der jüngsten Ablagerung des Guanos hat eine weiße oder weißlich-graue Färbung, die mit zunehmender Mächtigkeit über Grau in eine gelblich-braune Färbung übergeht. Sie lieferte früher den sehr geschätzten weißen Guano (Huano blanco). Die obersten Schichten sind frischem Lehm ähnlich von zäher, weicher Konsistenz. Diese von den Umwelteinflüssen am stärksten geprägte oberste Schicht weist einen relativ geringen Stickstoff- und hohen Phosphor-Gehalt auf, denn sie wird durch Gischt der Meeresbrandung und Nebel permanent feucht gehalten. Dadurch wird ein Teil der N und P-Verbindungen gelöst und in die mittlere Schicht verfrachtet.

Die mittlere Schicht hat daher einen hohen N-Gehalt und weniger Phosphat-Verbindungen. Da die N-Verbindungen leichter löslich sind, kommt es in dieser phosphorarmen Schicht zur Stickstoff-Anreicherung, was eine

deutliche Gelbfärbung der mittleren Schicht verursacht. Mit zunehmender Tiefe wird diese mittlere Schicht dunkler und die Gelbfärbung geht zunehmend in Braunschattierungen über. Da der Wassergehalt im Guano nach unten hin kontinuierlich abnimmt, wird die abgelagerte Masse in der mittleren Schicht zunehmend lockerer und pulverförmig.

Die unterste Schicht enthält nur noch Spuren von Stickstoff, das im Zuge der Humifizierung organischer Verbindungen als flüchtiges Ammoniak (NH_3) freigesetzt und wieder in der mittleren Schicht akkumuliert wird. Infolge dieses einer Sequestrierung gleichen Umlagerungsprozesses bleibt nach KNICKMANN (1968) > 30% schwer lösliches, bräunlich gefärbtes Tricalciumphosphat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) zurück. Diese unterste Schicht ist nahezu wasserfrei und stark kompaktiert und weist bereits typischen Gesteinscharakter mit kristallinem Bruch auf und ist daher ziemlich schwer zu bearbeiten (WICHERN und WÖHLBIER, 1931; KNICKMANN, 1968; HIRTH, 1863).

Die chemische Zusammensetzung des Guanos steht in direktem Zusammenhang mit der ausschließlich aus Fischen bestehenden protein- und phosphatreichen Nahrung der Seevögel. Je nach Fundort, Tiefe und Alter der Lagerung und nach klimatischen Einflüssen weist der Guano große Unterschiede und Variationen in seiner chemischen Zusammensetzung auf. Dies zeigen die im 19. und 20. Jahrhundert in der Literatur veröffentlichten Analysedaten für Peru-Guano. Hierbei gilt es zu berücksichtigen, dass diese Guano-Analysen keine horizontorientierten Werte darstellen, sondern die Guano-Inhaltsstoffe summarisch als Mischung aus allen drei oben beschriebenen Horizonten aufzufassen sind.

Der Stickstoff kommt in Peru-Guano vorwiegend im Ammoniumoxalat und im Ammoniumureat vor; wobei das Ammonium wie auch die Oxalsäure Zersetzungsprodukte der Harnsäure aus dem stickstoffhaltigen Endprodukt des Stoffwechsels der Vögel sind. Ein kleiner Teil des Stickstoffs (ca. 1%) kommt noch im Guanin, einer organischen Nukleinbase (DNA-Bestandteil), vor. Das Phosphat ist nur zu geringem Teil wasserlöslich, der unlösliche Rest des Peru-Guanos besteht aus unzersetzter Harnsäure und Tricalciumphosphaten.

Junger peruanischer Vogel-Guano enthält 8-22% Wasser, 42-70% organische Substanz, 3-11% Kalk (CaO), 6-3% Phosphorsäure (P_2O_5), 11-17% N. Bei diesem jungen Guano werden die N-Verbindungen aber allmählich ausgelaugt oder zersetzt (NH_3 -Abspaltung), so dass eine langsame, relative Zunahme des P-Gehalts stattfindet.

Die qualitativ hochwertigeren Sorten des alten, heute fast gänzlich abgebauten Peru-Guanos enthielten 20-30% leicht aufnehmbares Calciumphosphat und 10-15% gebundenen Stickstoff, z.T. als harnsaureres und oxalsaureres Ammonium (RÖMPP, 2002).

STUTZER (in KNICKMANN, 1968) nennt für Peru-Guano 11-16% Stickstoff, 8-12% Phosphat und 2-3% K_2O . KNICKMANN (KNICKMANN, 1968) gibt in Tab. 3 den Schwankungsbereich der Zusammensetzung des Peru-Guanos wie folgt an (s. Tab. 3):

Eine summarische Analyse von Guano bezogen auf seine Einzelstoffe zeigt Tab. 4.

Vor Beginn der industriellen Landwirtschaft und dem damit verbundenen ausschließlichen Einsatz von Kunstdünger war nur eine Düngung mit konzentrierten Nährstoffen (Fäkalien) üblich. Das änderte sich erst mit dem Einsatz von Peru-Guano. Große Unterschiede in den Nährstoffgehalten der einzelnen Schiffsladungen, hoher Wassergehalt, der die Ausbringung erschwerte, die Flüchtigkeit des Ammoniumcarbonats und die Schwerlöslichkeit eines Teils der Phosphate machen jedoch ein Aufschließen des Guanos notwendig. Dazu wurde der Guano mit 22–25% seines Gewichtes mit Schwefelsäure versetzt und nach dem Erstarren erneut zerkleinert. Hierdurch wurde analog der Superphosphatherstellung das Tricalciumphosphat in wasserlösliche einbasische Phosphate überführt, und das flüchtige Ammoniumcarbonat in das beständige Ammoniumsulfat umgewandelt. Durch Vermischen von Partien unterschiedlichen Nährstoffgehaltes wurde ein homogenes Produkt mit 6% N, 12% P₂O₅ und 2% K₂O erzeugt. Heutzutage ist aber die

Nutzung von Guano als Rohstoff der Superphosphatindustrie aufgrund der langen Regenerationszeiten, der schwierigen Abbaubedingungen und der Transportwege wirtschaftlich völlig uninteressant.

Peru-Guano – von den Feldern der Inkas auf die Äcker Europas

Archäologische Untersuchungen belegen, dass bereits schon zu Beginn der Nasca-Kultur in der Zeit zwischen dem 3. und 5. Jahrhundert v. Chr. an der Westküste Südamerikas Vogelmist als natürlicher Dünger verwendet wurde. Die erste schriftliche Beschreibung über den Einsatz von Guano durch die Inkas zur Düngung der Feldfrüchte lieferte Cieza DE LEON im Jahr 1553 (WEISCHEDEL und KAISER, 2003).

Dass der Guano-Abbau durch die Inkas Mitte des 15. Jahrhunderts auf Nachhaltigkeit ausgelegt war, wird bereits durch die Aufzeichnungen des Inka-Chronisten GARCILASO DE LA VEGA in dem Werk: „Comentarios reales“ aus dem Jahr 1604 dokumentiert (KANTER, 2005). Um eine ständige Erneuerung des wertvollen Dinges sicherzustellen, war ein Betreten der streng bewachten Vogelinseln während der Brutzeit der Vögel unter Androhung der Todesstrafe verboten. Um den Schutzgott des Guanos HUAMANCANTAC milde zu stimmen, hinterlegten die Inkas auf den Guano-Insel vor jedem Abbau Opfergaben, darunter auch wertvolle Gegenstände aus Silber (RIECHMANN, 2003).

Nach Europa gelangte Guano erstmals um 1700 über Cadix durch die spanischen Kolonialherren. Allerdings nur in sehr kleinen Mengen und ohne dass man dabei seinen Wert für die Düngung erkannte (KURTZE, 1856; VOGEL, 1860). Von Reisenden, welche anfangs des 18. Jahrhunderts Peru besuchten, erwähnten Pater LUDWIG FEUILLEE, Ordensmönch des Heiligen FRANCISCI VON PAULA (1714), FREZIER (1713) und ULLOA (1740) den Guano in ihren Reiseberichten. FEUILLEE beschreibt zum ersten Mal eine „vorzügliche Düngewirkung“, bemängelt aber den „unertäglichen Gestank“.

Anlässlich seiner Forschungsreise nach Amerika wurde der preußische Naturforscher ALEXANDER VON HUMBOLDT 1802 in Lima auf Guano aufmerksam, der dort von der einheimischen Bevölkerung zum Düngen von Feldern verwendet wurde (STIFTUNG PREUSSISCHER KULTURBESITZ – STAATSBIBLIOTHEK ZU BERLIN, 2015). HUMBOLDT brachte daraufhin bei seiner Rückkehr 1805 eine kleine Guanomenge mit nach Europa und schickte Proben umgehend zur chemischen Analyse nach Paris an zwei der wichtigsten Chemiker seiner Zeit: Antoine François COMTE DE FOUCROY und Louis Nicolas VAUQUELIN. Beide Wissenschaftler wiesen in der Probe Harnsäure nach und lieferten damit erstmals den naturwissenschaftlichen Beweis, dass es sich um tierische Exkreme handelt. (KANTER, 2005). Auch der englische Chemiker und Agrikulturchemiker Sir Humphry DAVY erhielt Probenmaterial und untersuchte es. Für die Durchführung von größeren Feldversuchen zur Ermittlung der Düngewirkung reichte die

Tab. 3. Schwankungsbereich der Zusammensetzung (%) des Peru-Guanos (KNICKMANN, 1968)

wasserlösliches Phosphat	2,2 – 5,3 P ₂ O ₅
citratlösliches Phosphat	1,8 – 4,9 P ₂ O ₅
Gesamt Stickstoff	8,2 – 14,6 N
NH ₄ ⁺ – N	1,9 – 7,2 N
NO ₃ ⁻ – N	0,05 – 0,10 N
N in organischer Substanz	1,4 – 12,8 N
Kali	2,0 – 4,3 K ₂ O

Tab. 4. Chemische Zusammensetzung (%) von Peru-Guano nach STUTZER (in KNICKMANN, 1968; WEISCHEDEL und KAISER, 2003)

Ammoniumoxalat	17,7
Ammoniumureat	12,2
Magnesiumammoniumphosphat	11,7
Ammoniumchlorid	2,3
Ammoniumphosphat	6,9
Ammoniumcarbonat	0,8
Ammoniumhumat	1,1
Calciumphosphat	20,2
Calciumoxalat	1,3
Calciumcarbonat	1,7
andere organische Substanzen (Harnsäure, Guanin, Parine, Keratine etc. p.p.)	8,3
Kaliumsulfat	4,0
Natriumsulfat	4,9
Natriumchlorid	0,4
„Diverses“ und Wasser	6,7

von HUMBOLDT mitgebrachte Guanoprobe jedoch nicht aus (CUSHMAN, 2013).

Die ersten erfolgreichen Feldversuche mit Guano außerhalb Südamerikas erfolgten im Juli 1808 auf der damals zur East India Company und mitten im Südatlantik zwischen Afrika und Südamerika gelegenen Insel St. Helena durch den schottischen Militäringenieur und „experimental agriculturist“ Alexander BEASTON (CUSHMAN, 2013). Für seine Düngeversuche an Kartoffelpflanzen verwendete er Pferdemist, Schweinemist und Guano, den er von Egg-Island vor St. Helena bezog. BEASTON untersuchte dabei in einer für die damalige Zeit bereits sehr komplexen Untersuchung die unterschiedliche Düngewirkung der verschiedenen Dünger anhand der Ernteerträge (BEASTON, 1816).

Diese Untersuchungen von BEASTON führten aber ebenso wenig wie die Erkenntnisse von HUMBOLDT und allen früheren Berichterstattern zu einem Einsatz von Guano als Düngemittel in Europa. Dies lag vor allen Dingen daran, dass lokal konventionell erzeugter Wirtschaftsdünger und euphemistisch als „Night Soil“ bezeichneter Latrininhalt noch sehr billig und leicht verfügbar waren, während die Transportkosten für Peru-Guano hoch lagen und die Transportlogistik kompliziert war. Der Schiffs-transport von Peru nach Großbritannien dauerte mindestens drei bis vier Monate. So vergingen in der Regel etwa acht Monate zwischen Bestellung und Eintreffen der Ware in einem englischen Hafen. Erst nachdem Peru seine Unabhängigkeit von Spanien 1824 durchsetzen konnte, entschied sich die peruanische Regierung Guano als Exportprodukt zu etablieren und suchte nach Wegen, den als seit Jahrhunderten in Südamerika für seine exzellente Düngerwirkung bekannten Guano auch in Europa populär zu machen. Hierfür nutzte man die bestehenden guten Kontakte zu britischen Kaufleuten, die in allen spanischen Kolonien in Südamerika bereits ab dem 18. Jahrhundert vertreten waren. Über diese Handelsvertretungen wurden ab den 1830er Jahren Guano-Proben nach Großbritannien versendet (GIBBS, 2015). So wurde erstmals 1826 eine größere Menge Guano für erste Feldversuche nach England geschickt, die Versuche verliefen aber erfolglos (THE HOUSE OF REPRESENTATIVES, 1854). Auch weitere Feldversuche mit 1832 abermals nach England importiertem Guano erwiesen sich als Fehlschlag, da man noch nicht die richtige Dosierung dieses sehr konzentrierten Düngemittels abschätzen konnte (KANTER, 2005). Aber nicht nur in England, sondern auch in Frankreich wuchs das Interesse an dem Dünger aus Südamerika. Erneut in den Focus der öffentlichen Wahrnehmung gelangte der Guano durch den Naturforscher ALCIDE DESSALINES D'ORBIGNY. 1826 wurde der berühmte französische Reisende und Naturforscher bei seiner Südamerika-reise auf die außerordentlich positive Düngewirkung des Guanos aufmerksam (VOGEL, 1860) und veröffentlichte seine Erkenntnisse später in Paris in seinem Werk „Voyage dans l'Amérique Méridionale“ (1835).

Einen entscheidenden Wendepunkt gab es im Jahr 1838, als zwei französisch-spanische Kaufleute Proben des Peru-Guano an William MYERS, einem erfolgreichen Kaufmann aus Liverpool, schickten, der auch Interesse an der Land-

wirtschaft hatte. Die von ihm selbst durchgeführten Düngeversuche mit diesen Proben müssen so erfolgreich gewesen sein, dass MYERS in den Guano-Handel investierte und erstmals eine größere Menge orderte. Am 23. Juli 1839 erreichten 30 Sack Guano mit dem Schiff „Heroine“ aus Valparaiso den Hafen von Liverpool und MYERS verteilte den Guano für Versuchszwecke an andere interessierte Landwirte (JENKINS, 2011).

Die Ernteerträge schnellten in die Höhe und der Vogel-dünger erwies sich gegenüber dem bis dahin gebräuchlichen Stallmist und dem aus den städtischen Latrinen gewonnenen „Night Soil“ weit überlegen. Auf Veranlassung von Importeur William MYERS schloss sein peruanischer Geschäftspartner und Kompagnon vor Ort in Lima, Don Francisco QUIRÓS, am 10. November 1840 einen Vertrag mit dem peruanischen Staat für das Monopol auf den gesamten Guano-Abbau. Die Nachfrage nach Guano stieg nun in England und kurz darauf auch im übrigen Europa rapide an. Der Guano-Boom begann.

Der Umgang mit dem Kraftdünger war zunächst noch gewöhnungsbedürftig und wegen seiner ätzende Eigenschaften nicht ohne Risiko. Als die ersten Guano-Schiffe in Southampton einliefen, sei „der Gestank so erbärmlich“ gewesen, schrieb der englische Historiker Frederick PIKE, „dass die gesamte Stadtbevölkerung in die nahen Hügel geflüchtet sei“ (KANTER, 2005).

Die Gewinnmargen für den neuen Dünger waren ausgesprochen hoch. Allein an den ersten großen Guano-Lieferungen verdienten QUIRÓS, MYERS und ihre Kompagnons rund 100 000 Pfund, was nach heutiger Kaufkraft einer Summe von ca. zehn Millionen Euro entspricht. Da auch die Nachfrage auf dem europäischen Festland stark zunahm, entwickelten sich neben den englischen Häfen auch Antwerpen, Bordeaux und Hamburg zu Drehscheiben des Guano-Handels. Aufgrund der hohen Nachfrage und des knappen Angebotes, blieben die Preise auf einem konstant hohen Niveau.

Als Alternativen zum Monopolguano aus Peru wurde nun auch Guano aus Chile, Bolivien, Patagonien, Kolumbien und Mexiko nach Europa exportiert, der allerdings im Vergleich zum Peru-Guano qualitativ weniger hochwertig war. 1843 entdecken die Briten auf der Insel Icha-boe in der Lüderitzbucht vor der Küste des heutigen Namibia lohnende Guano-Vorkommen. Die klimatischen und ökologischen Rahmenbedingungen waren dort ebenso vorteilhaft wie auf den Guano-Inseln vor Peru und auch der Guano war von gleich guter Qualität. Innerhalb von nur 15 Monaten schürften die Briten dort ca. 300 000 Tonnen Guano (KANTER, 2005).

In der Folgezeit boomte der Exporthandel des begehrten Stickstoff- und Phosphatdüngers weiter. Hauptabnehmer für Guano waren England, gefolgt von Frankreich, Deutschland und Belgien (RIECHMANN, 2003).

Guano – ein Dünger mit Konfliktpotential

Die immense Nachfrage und der bedingungslose Raubbau führten zu Konflikten. Ein Streitpunkt waren die

Rechte und Konditionen bei der Guano-Förderung. Dies führte letztendlich zum sogenannten „Ersten Guano-Krieg“, in dem Spanien 1864 bis 1866 gegen Peru und Chile kämpfte, denen sich Bolivien und Ecuador anschlossen. Dabei besetzten spanische Truppen im April 1864 auch die Chincha-Inseln, um vom Guano-Abbau zu profitieren. Infolge der kriegerischen Auseinandersetzungen brach der Großteil des peruanischen Guano-Exports zusammen und die peruanische Wirtschaft erlitt schweren Schaden (WIMMER und HOLZWARTH, 2013).

Durch einen rücksichtslosen Raubbau wurden bereits im Jahr 1861 376 667 Tonnen peruanischer Guano mit einem Wert von knapp 17 Millionen US \$ verladen. Ohne Rücksicht auf die Brutzeit der Seevögel steigerte sich der Abbauertrag weiter. Bereits 1867 waren die ersten größeren Lagerstätten erschöpft. Im Jahr 1870 wurden bereits 520 000 Tonnen Guano allein nach Deutschland exportiert (Angaben nach Mario WIPKI, TU Berlin in: RIECHMANN, 2003). Der ungehemmt weiter fortschreitende Abbau hatte zur Folge, dass die natürlichen Vorräte auf den peruanischen Guano-Inseln bereits 1871 nahezu völlig erschöpft waren. Seit dem Jahr 1874 waren auch die Guano-Vorkommen auf den Chincha-Inseln vollkommen abgebaut.

Anders als die Europäer – allen voran die englischen Handelshäuser, die sich durch langfristige Verträge ihren Guano-Nachschub bereits frühzeitig gesichert hatten, bemerkten die Vereinigten Staaten, dass sie die Wahrung ihrer Interessen am Guano komplett versäumt hatten. Um dennoch am begehrten Guano zu partizipieren, verabschiedete der US-Kongress im Jahr 1856 den „American Guano Islands Act“, der jedem Bürger der Vereinigten Staaten das Recht zubilligte, jede unbewohnte und staatenlose Insel, auf der Guano zu finden war, als Eigentum der USA zu deklarieren. Der Entdecker selbst erlangte dadurch die exklusiven Guano-Abbaurechte. Guano-Kundschafter fanden 94 Inseln mit Guano-Vorkommen. Das State Department befand auf 66 Inseln den Guano-Abbau als profitabel und erklärte sie zu amerikanischem Besitz. Auf 24 Inseln begann ein großer Guano-Abbau (KANTER, 2005). Ein Großteil der Inseln wurde später wieder abgetreten, neun Inseln werden aber auch heutzutage noch als „United States Minor Outlying Islands“ den USA zugerechnet – u.a. das Johnston-Atoll und die Midway Inseln (SNYDERS, 2011).

Um die Jahrhundertwende betrug die Guanoausbeute bereits nur noch 68 000 Tonnen/Jahr und um 1909/10 konnten von den Guano-Inseln sogar nur noch 48 000 Tonnen pro Jahr abgebaut werden.

Einsicht und Rettung im letzten Moment

Die immer weiter schwindenden Guanovorräte veranlassten schließlich die peruanische Regierung mit Rücksicht auf die eigene Landwirtschaft den Guano-Abbau zu kontingentieren und Gesetze zum Schutze der Guanovögel zu erlassen. Durch Einrichtung der „Compania Administradora del Guano (CAG)“ wurden die Guano-Inseln ab 1909 unter staatliche Verwaltung gestellt und

strenge Schutzbestimmungen erlassen (KRETZSCHMAR, 1990). Der Export von Peru-Guano wurde zunächst vollkommen gestoppt (MILLER, 2007).

Um die Brutzeit der Vögel nicht zu stören und ein Nachwachsen des Guanos zu ermöglichen, wurde der Guano-Abbau für die Hälfte des Jahres untersagt. Auch der Fischfang rund um die Guano-Inseln wurde eingeschränkt, um so eine ausreichende Nahrungsversorgung der Vögel sicher zu stellen. Auch auf dem Festland wurden Schutzgebiete eingerichtet, in denen die Vögel vor Feinden sicher waren. Infolge dieser Schutzmaßnahmen nahm die Menge an Guano im Laufe der Zeit wieder kontinuierlich zu (TRADE AND ENVIRONMENT DATABASE, 1997). Auch die Population der Guano produzierenden Seevögel stieg in der Folgezeit wieder von einigen Hunderttausend im Jahr 1909 auf über 30 Mio. im Jahr 1957 an (ECKERT, 1993).

Aber die Blütezeit der Guano-Gewinnung war mit Beginn des 20. Jahrhunderts endgültig beendet und wurde nun sukzessive durch den Einsatz von industriell gefertigtem Düngern abgelöst.

Der Guano-Abbau im Jahr 1971 betrug daher nur noch ein Zwanzigstel der Rekorderträge aus dem vorigen Jahrhundert. Neben der abnehmenden Nachfrage kam außerdem eine reduzierte Guano-Neubildungsrate durch die florierende Anchovis-Fischerei der Fischmehlindustrie, die den Seevögeln ab Mitte des 20. Jahrhunderts ihre Hauptnahrungsquelle streitig machten. Zum anderen wurde die Population der Guano produzierenden Seevögel durch die mehrmals wiederkehrende Naturkatastrophe El Niño dezimiert. Die Vögel verhungerten, weil die Fischschwärme dem Plankton im kalten Wasser unter die atypisch erwärmte Wasseroberfläche folgten. Das Oberflächenwasser vor der Küste erwärmte sich dabei so sehr, dass sich die obere Wasserschicht nicht mehr mit dem kühlen und nährstoffreichen Tiefenwasser durchmischt. Durch das El Niño-Phänomen verschieben sich die nährstoffreichen, kalten Wasserschichten in Tiefen, die für die Guano produzierenden Seevögel nicht mehr erreichbar sind (RIECHMANN, 2003).

Im Jahr 1997 rief die peruanische Regierung durch das Ministerio de Agricultura zum Schutz der Guano-Inseln und zur nachhaltigen Bewirtschaftung der natürlichen Ressourcen das Projekt „Proabonos“ (Special Project to Promote the Use of Fertilizer from Seabirds) ins Leben. Dieses im Gesetz verankerte Sonderprogramm dient dem Schutz der Seevögel und Erhaltung der marinen Artenvielfalt. So sind 22 Guano-Inseln und 11 Küstenstrände/-abschnitte entlang der peruanischen Küste von Piura nach Tacna mit einer Gesamtfläche von 140,833 ha als Schutzgebiet (National Reserve System) ausgewiesen und stehen dauerhaft unter staatlicher Verwaltung und Kontrolle (IUCN, 2013).

Das Projekt „Proabonos“ fördert einen ökologisch verträglichen Guano-Abbau und eine gezielte Guano-Vermarktung zu Vorzugspreisen an Kleinbauern und indigene bäuerliche Gemeinschaften. Diese Maßnahmen sollen als Beitrag zur Überwindung der Armut unter Berücksichtigung ökologischer Gesichtspunkte eine nachhaltige Steigerung der landwirtschaftlichen Erträge bewirken.

Von 1986 bis 2007 erntete die staatliche „Proabonos Fertilizer Company“ 342 637 t Guano. Fast die gleiche Menge erntete man 1861 in Peru innerhalb eines Jahres (CUSHMAN, 2013).

Im Jahr 2008 wurde das bis dahin eigenständige Programm „Proabonos“ Bestandteil des nationalen landwirtschaftlichen Entwicklungsprogramm für ländliche Räume „AGORURAL“ (KING, 2013). Im Jahr 2010 stand Peru mit jährlich 30 000 Tonnen nach wie vor weltweit an der Spitze der Guano-Produktion (BBC, 2010).

Auch wenn dank der staatlichen Förderprogramme aktuell der Großteil des abgebauten Guanos in Perus heimischer Landwirtschaft zum Einsatz kommt, gehen noch ca. 20% der Guano-Produktion in den Export (RICHTS, 2011).

Das wichtigste Abnehmerland für Peru-Guano war im Jahr 2008 Deutschland mit 41% am gesamten Guano-Export, gefolgt von den USA (38%), Israel (9%), Italien (8%) und Spanien mit 4% (WIMMER und HOLZWARH, 2013).

Guano-Gewinnung in Peru – Arbeitsbedingungen wie vor hundert Jahren

Während des Guano-Booms wurden für die Guano-Gewinnung fast ausschließlich von Menschenhändlern angeworbene Chinesen eingesetzt, die unter sklavenähnlichen Bedingungen arbeiten mussten. Zahlenmäßig belegt ist der Einsatz von 30 000 chinesischen „coolies“ auf den Chinchainsele zwischen 1835–1865 (LAWRENCE, 2014).

Die Arbeitsabläufe der Guanoernte haben sich seit der Vergangenheit bis heute nicht verändert. Der gesamte Abbau erfolgt nach wie vor manuell und ohne maschinellen Einsatz, denn zum Schutz der Umwelt und der Vogelkolonien sind die Guano-Inseln grundsätzlich unbewohnt und mit Ausnahme von Kantine, Büro und Schlafbaracken nahezu frei von moderner Infrastruktur.

Die Guano-Gewinnung erfolgt immer nach den gleichen Abbauschritten. Zuerst wird der Rohguano aus den Felsenritzen zusammengefeßt oder zusammengekratzt (Abb. 3). Fest verbackener Guano wird mit Spitzhacken gelöst.

Geerntet wird auf allen zugänglichen Flächen, auch auf den abfallenden Steilkiffs der Inseln. In steilen Hangpartien umlaufen isohypsenparallele Steinmauern die Inseln, um Abspülung bei Starkregen zu unterbinden (Abb. 4).

Der so gewonnene Rohguano wird – um Verwechslungen auszuschließen – in dunkelfarbige Säcke geschaufelt, die von den Arbeitern zu einer Siebanlage getragen werden. Dort wird der Rohguano über ein Gitterrost gesiebt, um Verunreinigungen wie Kadaver, Knochen und Federn zu entfernen (Abb. 5).

Der auf den Gitterrosten verbliebene Abraum wird ins Meer gekippt. Das pulverförmige gesiebte Endprodukt wird in weiße, mit Proabonos-Emblem bedruckte Kunststoffsäcke von je 50 kg Fassungsvermögen geschaufelt. Da auf den Guanofelsen zum Schutz der Umgebung keine schweren Geräte für den Transport eingesetzt werden können, erfolgt auch der gesamte Transport der Säcke durch Körperkraft. Für die Verladung werden die Säcke in der Regel bis an den Rand der Klippen transportiert und von dort mit einem einfachen Seilzug auf Schiffe umgesetzt (Abb. 6).

Jeder Arbeiter schultert pro Tag 125 Säcke – dies entspricht einem Gesamtgewicht von 6,25 t. Um diese körperlich extrem anstrengende Arbeit auf Dauer durchhalten zu können, werden die verschiedenen Arbeitspositionen im Rotationsprinzip besetzt. Aufgrund der klimatischen Extrembedingungen beginnt die Arbeitszeit üblicherweise 4 Uhr nachts und endet um 12 Uhr mittags, um die hohen Temperaturen am Nachmittag mit mehr als 35 °C zu vermeiden. Der übliche Arbeitsrhythmus beträgt drei Monate ohne Pausentage.

Ungeachtet der körperlichen Anstrengung und isolierten Arbeitsbedingungen fernab der Zivilisation ist ein



Abb. 3. Guano-Gewinnung auf der peruanischen Insel Guañape Norte (Foto ©Tomás MUNITA). Geerntet wird auf allen zugänglichen Flächen, auch auf den abfallenden Steilkiffs der Inseln. In steilen Hangpartien umlaufen isohypsenparallele Steinmauern die Inseln, um Abspülung bei Starkregen zu unterbinden (Abb. 4).



Abb. 4. Jahrhunderte alte isohypsenparallele Steinmauern zum Schutz gegen Abspülung des Rohguanos (Foto ©Tomás MUNITA).



Abb. 5. Absieben des Rohguanos (Foto ©Tomás MUNITA).



Abb. 6. Verladung des Endprodukts (Foto ©Tomás MUNITA).

Arbeitsplatz auf den Guano-Inseln sehr begehrt. Bei freier Unterkunft und Verpflegung verdienen Arbeiter auf den Guano-Inseln mit ca. 325 € pro Monat fast das Doppelte des gesetzlichen Mindestlohnes in Peru.

Dennoch birgt die Arbeit auf den Guano-Inseln gesundheitliche Risiken insbesondere durch das im Vogelkot enthaltene Ammoniak, welches zu Augenreizungen und bei Inhalation zu Lungenverätzungen führen kann. Eine hohe Staubbelastung entsteht bei Absieben des Rohguanos durch Gitterroste und dem anschließenden Einsacken des pulverförmigen Endproduktes. Außerdem können humanpathogene Sporen faecesbürtiger Mikroorganismen im Guanostaub enthalten sein (WIMMER und HOLZWARTH, 2013; SCHULZ, 2009; RICHTS, 2011; ROVIRA, 2014).

Für einen nachhaltigen Schutz der Vogelpopulationen ist der Guano-Abbau auf den Inseln strenger staatlicher Überwachung und Reglementierungen unterworfen. Auf einigen Guano-Inseln leben daher ganzjährig Wildhüter. Während der Brutzeit der Vögel gilt ein striktes Abbauverbot. Dem Guano-Abbau schließt sich eine 10- bis 20-jährige Regenerationsphase an. Ausschlaggebend für deren Dauer ist die für jede Insel unterschiedliche Guano-Neubildungsrate, die abhängig von Vogelart, Untergrund und Witterung ist. Der Peru-Kormoran als einer der Hauptproduzenten liefert durchschnittlich 43 Gramm Kot pro Tag – dies entspricht einer Guanomenge von 15,7 kg pro Jahr und Vogel (RÖMPP, 2002; KANTER, 2005). KNICKMANN (KNICKMANN, 1968) beziffert die jährliche Neubildungsrate auf 180 kg/m².

Schlussbemerkung

Aktuell wird originärer Guano vorrangig an die peruanische Landbevölkerung zu Vorzugspreisen abgegeben. Nur noch ein sehr kleiner Anteil geht in den Export. In Deutschland kommt Guano in Mischungen mit anderen Naturdüngern wie Horn- und Gesteinsmehlen als Blumen- und Gartendünger in den Handel. Angaben zu

Mischungsverhältnissen fehlen normalerweise bei diesen mit Guano „veredelten“ Düngern für den Hobbygärtnerbedarf. Der Hinweis auf den Guanoanteil unterstreicht aber werbewirksam dessen Natürlichkeit (ANONYMUS, o.J.).

Zwar hat Guano gegenüber Kunstdünger den Vorteil, dass er zwar langsamer, aber dafür längerfristiger wirkt (RICHTS, 2011), dennoch hat er als industrielles Düngemittel keine Bedeutung mehr. Dies liegt begründet in den langen Regenerationszeiten und der damit verbundenen geringen Wirtschaftlichkeit und der schwierigen Abbaubedingungen. Hält man sich vor Augen, dass alle Guano-Vögel ausschließlich Fischfresser sind und sie für die Produktion von etwa einer Tonne Guano fast zehn Tonnen Fisch benötigen, wäre ein Einsatz als Dünger in der Landwirtschaft schon alleine ökologisch äußerst fragwürdig.

Der industrielle Fischfang zur Fischmehlproduktion ist ursächlich für die Überfischung in dieser Meeresregion verantwortlich und beraubt die Seevögel ihrer Nahrungsgrundlage. Verstärkt wird diese Konkurrenzsituation durch das früher nur episodisch, jetzt aber infolge des sich verschärfenden Klimawandels fast regelmäßig und verstärkt auftretenden Phänomens „El Niño“, das die verbleibenden Fischbestände zusätzlich limitiert und ebenfalls noch deutlich kurzzeitig weiter reduziert.

Wenn schon in einer hungernden Welt die Transformation des hochwertigen Fischeiweißes über Fischmehl als Tierfutter in Schweinekoteletts und Hühnereiern eine moralisch fragwürdige Sache ist, wie viel mehr ist dann die Transformation des Fischeiweißes über die Vogelmägen zu Guano und schließlich zu europäischen Schrebergartenkulturen.

Danksagung

Die 2010 mit dem Henri Nannen Preis ausgezeichneten Fotos in den Abbildungen 3 bis 6 wurden von dem chile-

nischen Fotografen Tomás MUNITA für diese Publikation kostenfrei zur Verfügung gestellt. Dafür an dieser Stelle unser Dank.

Literatur

- ANONYMUS, o.J.: Guano-Dünger – Zusammensetzung & Tipps zur Anwendung – Beitrag im Onlinemagazin der Webpräsenz „hausgarten.net“. (<http://www.hausgarten.net/gartenpflege/duenger/guano-duenger.html>).
- BAYERISCHES LANDESAMT FÜR UMWELT, 2015: UmweltWissen – Natur - Fledermäuse und ihre Quartiere schützen, 12.S. (http://www.lfu.bayern.de/umweltwissen/doc/uw_104_fledermaus_quartiere_schuetzen.pdf).
- BBC, 2010: How a Peruvian islandis making money from bird poo. (<http://www.bbc.co.uk/news/business>).
- BEATSON, A., 1816: Tracts Relative to the Island of St. Helena: Written During a Residence of 5 Years. London, printed by W. Bulmer and co., 465 p.
- BECKER, M., F. DILLINGEN, 1943: Handbuch der Ernährung der gärtnerischen Kulturpflanzen. Berlin, S. 282–283.
- CUSHMAN, G.T., 2013: Guano and the Opening of the Pacific World: A Global Ecological History. Cambridge, University Press, S. 30, 31, 349.
- ECKERT, R., 1993: Tierphysiologie. 2., neubearb. und erw. Aufl., Stuttgart, Thieme, 724 S.
- GIBBS, W., 2015: Guano... – Beitrag vom 18.07.2015 auf der Web-Seite „Parks & Gardens UK – Knowledge, Inspiration, Conservation“. – (<https://parksandgardensuk.wordpress.com/2015/07/18/guano/>).
- HIRTH, G., 1863: Der Guano und seine Fundorte. In: Die Gartenlaube – Leipzig, Verlag Ernst Keil.
- HUDSON INSTITUTE OF MINERALOGY, 2016: Rock Guano. (<http://www.mindat.org/min-35977.html>).
- IUCN, 2013: A bird droppings biodiversity paradise – the Guano Islands and Capes National Reserve System, Peru. 12 September 2013 – Fact sheet. (<http://www.iucn.org/>).
- JENKINS, H., 2011: Guano trade by W. Myers – Beitrag im weblog „intheboatshed.net“. (<http://intheboatshed.net/wp-content/uploads/2011/04/Myers-Co.pdf>).
- KANTER, O., 2005: Kleckern und klotzen. mare – Die Zeitschrift der Meere, No. 53. (http://www.mare.de/index.php?article_id=1201).
- KING, R.J., 2013: The Devil's Cormorant: A Natural History. Lebanon NH, University of New Hampshire Press.
- KNICKMANN, E., 1968: Organische Abfälle als Düngemittel. In: SCHARRER, K., H. LINSER (Hrsg.): Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung, Bd. 112, S. 1428–1435, Wien.
- KÖRBER, H., H. KÖRBER, A. WILL, G. HILVERKUS, 1995: Bestandsaufnahme der Fledermäuse im Raum Wermelskirchen (Bergisches Land). (<http://fledermaus.wtal.de/biodat1.htm>).
- KRETZSCHMAR, E., 1990: Guano in: Unterricht Biologie, 1990, Heft 14, erfasst von Landesinstitut für Schule, Soest.
- KURTZE, A., 1856: Die Gegenwart. Eine encyclopädische Darstellung der neuesten Zeitgeschichte für alle Stände. Zwölfter Band. Leipzig, F.A. Brockhaus.
- LAWRENCE, J., 2014: A History of the Peruvian GuanoIndustry. (<https://yaffle53.wordpress.com/2014/05/22/a-history-of-the-peruvian-guano-industry/>).
- MAYER, A., 1928: Die Düngerlehre, Heidelberg, S. 122–127.
- MEYERS GROSSES KONVERSATIONS-LEXIKON, 1907: Meyers Großes Konversations-Lexikon Bd. 8, Leipzig 1907, S. 479–481. (<http://www.zeno.org/Meyers-1905/A/Gu%C4%81no>).
- MILLER, S.-W., 2007: An environmental history of Latin America. Cambridge, University Press.
- NÖGGERATH, J., 1866: Guano von Fledermäusen. Westermann's Jahrbuch der illustrierten deutschen Monatshefte, Braunschweig, Band 20, S. 665–666.
- REMINGTON, J.S., W. FRANCIS, 1953: The Manure and Fertilizer Note Book. London, S. 27–28.
- RICHTS, S., 2011: 360° – GEO Reportage. Guano, Schatzinseln und Vogeldreck. Berlin, Medienkontor. (<http://www.geo.de/>).
- RIECHMANN, D., 2003: Guano – Das weiße Gold Perus. (<http://www.scinexx.de/dossier-detail-153-11.html>).
- RÖMPP, 2002: Guano. In: Römpp Lexikon der Chemie, Stuttgart, Georg Thieme Verlag. (<https://roempp.thieme.de/roempp4.0/do/data/RD-07-02111>).
- ROVIRA, R.G., 2014: The hard workers of the Peruvian Guano (The Chincha Islands) 2014. (<https://www.agencevu.com/stories/index.php?id=1564&p=89>).
- SCHULZ, R., 2009: Guano-Gewinnung in Peru. GEO Magazin Nr. 09/09. (<http://www.geo.de/GEO/natur/fotogalerien/-guanogewinnung-in-peru-61545.html?image=2>).
- SNYDERS, H., 2011: Stinky and smelly – but profitable: The Cape Guano Trade, c.1843–1910. University of Stellenbosch. (http://www.academia.edu/1409527/_Stinky_and_smelly-but_profitable_the_Cape_guano_trade_c._1843-1910).
- STIFTUNG PREUSSISCHER KULTURBESITZ – STAATSBIBLIOTHEK ZU BERLIN, 2015: Alexander von Humboldt: Amerikanische Reisetagebücher. BMBF-Verbundprojekt der Universität Potsdam und der Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz. (<http://humboldt.staatsbibliothek-berlin.de/leben/>).
- THE HOUSE OF REPRESENTATIVES, 1854: Reports of committees of the House of Representatives – Order of the House of Representatives. In three volumes. 1854, Washington.
- TIETZE, W. (Hrsg.), 1973: Westermann Lexikon der Geographie. 2. Auflage 1973, Braunschweig, Georg Westermann Verlag.
- TRADE AND ENVIRONMENT DATABASE, 1997: TED Case Studies. Guano Trade. (<http://www1.american.edu/projects/mandala/TED/guano.htm>).
- VELTY, S., 2003: Sedimente – Kapitel Geologie im Modul „Einführung in die Bodenkunde“ – Vorlesung J. ZEITZ im SS 2003 an der Humboldt-Universität Berlin. (https://www.bodenkunde-projekte.hu-berlin.de/boku_online/).
- VOGEL, C., 1860: Der Guano: Seine Entstehung, Fundorte, Geschichte; seine chemischen Bestandtheile und Sorten; seine Prüfung und Werthbestimmung; seine Bedeutung, Anwendung und Wirkung; seine Ersatzmittel etc., auf Grund der bewährtesten Erfahrungen u. nach den besten Quellen dargestellt. Mit einer Abbildung. Berlin, Verlag Schotte und Cp. (http://reader.digitale-sammlungen.de/de/fs1/object/display/bsb10299504_00018.html).
- WEISCHEDEL, K., S. KAISER, 2003: Prüfung eines Guano-Düngers – Projektarbeiten am Institut Dr. FLAD unter Betreuung von Prof. Dr. Georg SCHWEDT, TU Clausthal. (<http://www.chf.de/eduthek/projektarbeit-weischedelkaiser.html>).
- WICHERN, G., W. WÖHLBIER, 1931: Die organischen Dünger natürlicher Ursprungs. In: HONCAMP, F. 1931: Handbuch der Pflanzenernährung und Düngung Bd. II. S. 606–61.
- WIMMER, D., F. HOLZWARTH, 2013: Guano als Stickstoffquelle. – Hausarbeit im Seminar „Stoffgeschichte Stickstoff“ am Lehrstuhl für Ressourcenstrategie, Universität Augsburg, WS 2012/2013, 18. S. (<http://www.stickstoffausstellung.de/fileadmin/redakteur/materialien/hausarbeiten/Guano.pdf>).