

Artikel erschienen in:

Ottmar Ette, Eberhard Knobloch (Hrsg.)

HiN : Alexander von Humboldt im Netz, XVII (2016) 32

2016 – 111 p.
ISSN (print) 2568-3543
ISSN (online) 1617-5239
URN urn:nbn:de:kobv:517-opus4-90812



Empfohlene Zitation:

Bärbel Rott: Alexander von Humboldt brachte Guano nach Europa - mit ungeahnten globalen Folgen, In: Ette, Ottmar; Knobloch, Eberhard (Hrsg.). HiN : Alexander von Humboldt im Netz, XVII (2016) 32, Potsdam, Universitätsverlag Potsdam, 2016, S. 84–111.
DOI <https://doi.org/10.18443/234>

Soweit nicht anders gekennzeichnet ist dieses Werk unter einem Creative Commons Lizenzvertrag lizenziert: Namensnennung 4.0. Dies gilt nicht für zitierte Inhalte anderer Autoren:
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/deed.de>

Bärbel Rott

Alexander von Humboldt brachte Guano nach Europa – mit ungeahnten globalen Folgen

ZUSAMMENFASSUNG

Die vorliegende Abhandlung beschäftigt sich mit einem bisher wenig beachteten Aspekt von Humboldts Amerikanischer Reise (1799–1804). Während seine Studien der Pflanzen- und Tierwelt bis heute große Aufmerksamkeit genießen, wird Humboldts Beitrag zu der Entwicklung der modernen Landwirtschaft wenig beachtet. Während seines Aufenthalts in Lima erhielt er Proben von Guano, Vogelmist von den Chincha-Inseln vor der peruanischen Küste. Einige Proben, die er von dieser Reise zurückbrachte, wurden von Wissenschaftlern in Frankreich und Deutschland untersucht. Die Analyseergebnisse zeigten außerordentlich hohe Gehalte an Pflanzennährstoffen, insbesondere Stickstoff und Phosphor. In den folgenden Jahrzehnten wurde Guano zu einem bedeutsamen Düngemittel und Auslöser eines Booms in Europa und Peru. Die Auswirkungen dieser Entwicklung sind bis heute sichtbar und werden hier unter besonderer Beachtung von Phosphor beschrieben.

ABSTRACT

One aspect of Humboldt's travel to South America (1799–1804) received little attention. The fascination of his studies of the South American flora and fauna is unbroken to the present day. Yet Humboldt's contribution to modern agriculture remains almost unnoticed. During his stay in Lima Humboldt received samples of guano, a mixture of bird droppings from the Chincha Islands off the Peruvian coast, which he took to Europe and had

analyzed by the most famous chemists in France and Germany. The results showed outstanding fertilizing effects, in particular due to the high content of nitrogen and phosphorus. The ensuing boom starting from the 1840s influenced seriously agriculture in Europe and the economy of Peru. Some aspects of this historical development may give an idea of the ensuing change not only in agriculture.

RÉSUMÉ

Il y a un aspect du voyage de Alexander von Humboldt en Amérique du Sud (1799–1804) qui jusqu'à présent a été peu considéré. Ses études de la flore et de la faune de l'Amérique du Sud ont attiré une large attention du public. Or, son influence au développement de l'agriculture moderne est plutôt ignoré. Pendant son séjour à Lima, Humboldt reçut des échantillons de guano qui est composé des excréments d'oiseaux des Iles Chincha face à la côte du Pérou. Humboldt les faisait examiner par des scientifiques français et allemands. Les résultats des analyses montraient des teneurs extraordinaires de nutriments pour plantes, en particulier d'azote et de phosphore. Pendant les décennies suivantes le guano devenait une source indispensable comme fertilisant et a créé un boom en Europe et au Pérou. L'impact de ce développement qui est perceptible jusqu'à nos jours est décrit ci-dessous.

Leben in der Weltrisikogesellschaft heißt mit unüberwindlichem Nichtwissen leben, genauer: in der Gleichzeitigkeit von Bedrohung und Nichtwissen und den daraus entstehenden politischen, gesellschaftlichen und moralischen Paradoxien und Dilemmata.¹

Alexander von Humboldt traf am 23. Oktober 1802 in Lima ein und verließ die Region am 24. Dezember 1802. Anders als dem Jahr 1492, als Christoph Columbus am 12. Oktober auf der Bahamainsel Guanahani – heute San Salvador – an Land ging, oder dem Jahr 1859, als Charles Darwin “The Origin of Species by Means of Natural Selection” veröffentlichte, wird diesem Aufenthalt von Alexander von Humboldt kaum Aufmerksamkeit gewidmet. Tatsächlich begann auch mit diesem Ereignis eine neue Epoche, denn was Alexander von Humboldt aus Peru bzw. den vorgelagerten Chincha-Inseln nach Europa brachte, war der Auslöser für eine globale Entwicklung mit ungeahnten und bis heute nur ansatzweise verstandenen Folgen. Nicht nur Mitteleuropa, sondern unter anderem England und China waren die ersten Regionen, die die Konsequenzen erreichten. Einige ökologische, soziale und wirtschaftliche Aspekte der so initiierten Entwicklung sollen hier unter besonderer Beachtung des Elements Phosphor aufgezeigt werden.

Guano

Die Rede ist von Guano. Im Vergleich zu den vielen Mineralien, tropischen Pflanzen und Insekten waren die Guanoproben im Gepäck Alexander von Humboldts eher unscheinbar. Guano ist eine gelblich-braune Substanz, auf den ersten Blick wenig faszinierend, und die von Alexander von Humboldt mitgebrachten Proben rochen sicherlich auch intensiv und unangenehm stehend, was sie nicht unbedingt attraktiver machte. Peru-Guano besteht aus den Exkrementen von Seevögeln und Säugetieren, die auf den Peru vorgelagerten Inseln leben sowie aus Tierkadavern, all dies mit unterschiedlichem Zersetzungsgrad. Durch Vermischung mit dem darunter liegenden Gestein der Inseln entsteht je nach Alter und Niederschlägen ein trockenes bis morastartiges Gemisch mit unterschiedlichen, zum Teil sehr hohen Gehalten an den chemischen Elementen Stickstoff und Phosphor. Reich an Stickstoff und Phosphor ist Peru-Guano der beste natürliche Dünger, den die Menschheit kennt.²

Phosphor ist ein essenzielles chemisches Element, das in elementarer Form an der Luft zu brennen beginnt. Im Gegensatz zu Ressourcen wie Erdöl oder Erdgas wird Phosphor nicht verbraucht, sondern in den Nahrungsketten von einem Organismus an den nächsten weitergereicht. In der Natur kommt Phosphor praktisch nur in der oxidierten Form als Phosphat (PO_4^{3-}) vor. Ohne Phosphat kann kein Organismus existieren. Phosphat ist Bestandteil von DNA, dem genetischen Code in jeder lebenden Zelle, sorgt für den Energietransport in dem Molekül ATP und ist wesentlicher Bestandteil von Knochen und Zähnen. Phosphat ist der globale Energieträger aller Lebewesen. Daher ist die Konkurrenz um Phosphor, die einzige biologisch verwertbare Energiequelle, nicht nur im übertragenen Sinn ein Kampf auf Leben und Tod. Die Aneignung von Phosphor für alle Tiere und Pflanzen und auch für Menschen und ihre Gesellschaften ist unabdingbar, wenn dies auch den Betroffenen nur selten bewusst ist. Phosphat wird mit der Nahrung aufgenommen und in Kot und Urin ausgeschieden. Natürliche Quellen sind organische Dünger, Pflanzenrückstände, Sedimente und Bodenbestandteile. Irgendwann landet Phosphat in den Ozeanen und sedimentiert dort. Durch geologische Veränderungen

1 Beck 2008, S. 211

2 Gootenberg 1993, S. 1

kommt Phosphat wieder an die Oberfläche der Erdkruste. Dieser natürliche biogeochemische Kreislauf dauert Millionen Jahre. Daher ist Phosphor, der aus der Nahrungskette verschwindet, für die Organismen an der Erdoberfläche verloren.

Grundlage moderner Gesellschaften ist der Anbau von Kulturpflanzen im primären Sektor, der Landwirtschaft. Pflanzen benötigen neben anderen Elementen die Hauptnährstoffe Stickstoff, Phosphor und Kalium, die sie aus dem Boden aufnehmen. Während Stickstoff von Bodenmikroorganismen aus der Atmosphäre assimiliert und an die Pflanzen weitergereicht werden kann und Kalium zumindest in Europa meist ausreichend vorhanden ist, besteht in Bezug auf Phosphat global gesehen häufig eine Mangelsituation. Im Boden ist das vorhandene Phosphat aufgrund seiner chemischen Eigenschaften zum großen Teil nicht pflanzenverfügbar bzw. wird es, sobald es in verfügbarer Form vorliegt, von konkurrierenden Organismen aufgenommen und steht den Kulturpflanzen deshalb häufig nicht in ausreichender Menge zur Verfügung. Daher muss jeder Landwirt düngen, also für Nachschub an den benötigten Nährstoffen sorgen. Man unterscheidet zwischen organischen Düngern wie zum Beispiel Guano, Stallmist, Fäkalien einerseits und anorganischen, mineralischen Düngern wie im Fall der Phosphatdünger Diammoniumphosphat (DAP), Superphosphat oder dem modernen Recyclingprodukt Struvit andererseits. Eine weitere Unterscheidung wird zwischen Wirtschaftsdüngern, die auf einem landwirtschaftlichen Betrieb anfallen und Handelsdüngern, die zugekauft werden, getroffen. Guano, der im Mittelpunkt dieser Arbeit steht, ist ein organischer Handelsdünger.

Die Geschichte der Düngung ist so alt wie die Geschichte des Ackerbaus. In Ostasien wurde über Jahrtausende mit großer Sorgfalt Mist und damit auch Phosphor gesammelt und bewahrt. Eindrucksvoll beschrieben wurde diese unabdingbare Voraussetzung für die Entwicklung der dortigen Gesellschaften in dem Buch „Farmers of forty centuries“ von F.H. King im Jahr 1927, in dem er seine faszinierenden Beobachtungen in China, Japan und Korea ausführlich darstellt.³ In China war es üblich, dass Kinder auf den Straßen hinter den Zugtieren herliefen, um die Fäkalien der Tiere für die Wiederverwendung als Dünger aufzusammeln. Bis in die Gegenwart wurden menschliche Fäkalien in China – und auch in einigen Gegenden in Deutschland – sorgfältig gesammelt und auf die Felder verteilt.

Im Rom der Antike wurde Urin von den Gerbern und Stoffwalkern in “amphorae in angiporto” – Amphoren in der Nebengasse – gesammelt, weil sie diesen für ihre Arbeit benötigten. Im Übrigen stand der hygienische Aspekt bei Fäkalien im Vordergrund der Überlegungen. Diese Entwicklung ist möglicherweise die Ursache für unsere heutige Einstellung zu Fäkalien als Abfall anstelle eines kostbaren Gutes. Getreide, und damit auch das Element Phosphor, musste aus Ägypten nach Rom importiert werden.⁴

Böden verarmen auf Grund klimatischer Gegebenheiten und durch den Entzug von Nährstoffen durch landwirtschaftliche Kulturpflanzen. Dieser Mangel kann zu Kreativität im Umgang mit der Natur, jedoch auch zu kriegerischen Auseinandersetzungen führen. Die Geschichte Perus und seines Rohstoffs Guano ist für beide Entwicklungen ein gutes Beispiel.

Guano in größeren, abbauwürdigen Mengen entsteht nur in der Nähe des Äquators, denn dort herrschen an manchen Stellen Bedingungen, die die Anreicherung von Guano begünstigen.

3 King 1949

4 Kolb 2002, S. 453

So gibt es dort keine oder nur sehr wenige Niederschläge, die den Vogelmist wegspülen oder Nährstoffe auswaschen könnten. Die wichtigsten Lagerstätten befinden sich zwischen dem 8. und dem 21. Grad südlicher Breite. Die Chincha-Inseln vor Peru haben ideale Bedingungen für die Bildung von Guano. Reiche Fischvorkommen, begünstigt durch den Auftrieb von nährstoffreichem Tiefenwasser vor der Westküste Südamerikas ernähren Millionen von Seevögeln, die an den Küsten und auf den vorgelagerten Inseln nisten und dort ihre Exkremente und Kadaver ablagern. Art und Menge der Guano bildenden Organismen, Qualität und Abbaubedingungen von Guano sind an jedem Standort unterschiedlich. Auf den Chincha-Inseln produziert der Guanaykormoran (*Phalacrocorax bougainvillii*) den hochwertigsten Guano. Jeder Vogel – ob Kormoran, Möwe, Pelikan, Tölpel – hinterlässt täglich im Schnitt 43 g Kot, die sich bei 20 Millionen Vögeln auf 860 t am Tag und mehr als 300 000 t pro Jahr summieren.⁵ Alle Guanovögel sind Fischfresser und benötigen für die Produktion von 1 t Guano ca. 10 t Fisch.⁶ Daher konkurrieren die Vögel mit den Fischern der Region. Die Lagerstätten bestehen meist aus drei Schichten: die oberste Schicht (gelb-braun, geringer Stickstoffgehalt, jedoch reich an Phosphat), die mittlere Schicht (gelb, hoher Stickstoffgehalt weniger Phosphat) und die untere Schicht (nur noch Spuren von Stickstoff vorhanden). Allgemein gilt, dass das Klima entscheidend für den Stickstoffgehalt ist, während Phosphat weniger ausgewaschen wird. Der Humboldtstrom erzeugt eine besondere Großwetterlage, die Kombination von kaltem Wasser des Humboldtstroms und warmer Luft hat geringen Niederschlag zur Folge. Guano auf den Inseln wird daher nicht ausgewaschen, sondern reichert sich in einer extrem harten Guanoschicht bis 50 m Dicke an. Die heiße Sonne und das sehr trockene Klima haben den Guano zusammengebacken. In den Weiten des Pazifiks und auf den Westindischen Inseln gab es im 19. Jahrhundert weitere Guanovorkommen. Peru-Guano ist der nährstoffreichste aller Guanos.

In Peru kannte und nutzte man Guano lange vor der Ankunft der Europäer, jedenfalls „zumindest ab dem 12. oder 13. Jahrhundert“.⁷ Möglicherweise wurde sogar in einer der Nasca-Geoglyphen aus der Zeit 300 v.Ch. ein Kormoran dargestellt.⁸ Von der Moche-Kultur ist eine Kormoranfigur aus dem Jahr 200 v. Chr. erhalten. Die frühen Bewohner der peruanischen Küste nannten sich selbst „Vogelmenschen“ und betrachteten Kormorane als alte Verwandte. In den Guanoschichten der Chincha-Inseln wurden Artefakte der Moche gefunden, was auf eine Nutzung von Guano hinweisen könnte.⁹

El Inca Garcilaso de la Vega (1539–1616), peruanischer Schriftsteller und Chronist der Inka und der Eroberung Perus durch die Spanier, beschrieb das außerordentlich effiziente Anbausystem der Inkas folgendermaßen:

An der Meeresküste, von unterhalb von Arequepa bis Tarapaca, was mehr als 200 Leguas (Anmerkung: entspricht ca. 750 km) sind, verwenden sie keinen anderen Dünger als den der Seevögel, deren es an der ganzen Küste Perus große und kleine gibt, und sie leben in so großen Schwärmen, dass man es nicht glauben mag, wenn man sie nicht gesehen hat. Sie nisten auf unbewohnten Eilanden jener Küste und hinterlassen dort so viel Dung, dass es gleichermaßen unglaublich anmutet, aus der Ferne nehmen sich die Dunghaufen

5 Kanter 2005, S. 72–80

6 Wimmer/Holzwarth 2013

7 Humboldt 1807, 301–306

8 King 2013, S. 203

9 Kinsley 2015

wie Gipfel eines schneebedeckten Gebirges aus. Zur Zeit der Inka-Könige wurden jene Vögel ängstlich behütet, und in der Brutzeit war es bei Todesstrafe verboten, die Inseln zu betreten, damit die Vögel nicht aufgeschreckt und von ihren Nestern vertrieben würden. Ebenso war es bei nämllicher Strafe und zu jeder Zeit verboten, sie zu töten, gleichviel ob auf den Inseln oder außerhalb derselben. ... Eine jede Insel war auf Geheiß des Inka einer bestimmten Provinz zugeteilt, wenn die Insel groß war, wurde sie zwei oder drei Provinzen zugewiesen. Sie stellten Grenzzeichen auf, damit die Leute der einen Provinz nicht in den Bereich der anderen eindringen, und innerhalb ein und desselben Bereiches setzte sich die Unterteilung fort, und zwar erhielt jeder Ort und jeder Bewohner seinen Anteil, zu welchem Behufe man die Dungmenge abschätzte, deren er bedurfte, und bei Todesstrafe war es dem Bewohner eines Ortes verwehrt, Dung aus dem fremden Bereich zu entnehmen, weil dies Diebstahl war, und auch aus seinem eigenen Bereich durfte er keine größere Menge entnehmen als die für sein Land veranschlagte, denn die war für ihn ausreichend, und für das, was er zu viel entnahm, wurde er wegen Ungehorsams bestraft. Jetzt, zu heutiger Zeit, wird der Dünger andersartig genutzt. Jener Vogeldünger ist von großer Fruchtbarkeit.¹⁰

Soweit El Inca Garcilaso de la Vega. Die Inkas hielten Guano ebenso wie Gold für geeignet zur Besänftigung der Götter. Es gab sogar einen Guanogott, Huamancantac. Um ihn milde zu stimmen, hinterlegten die Inkas vor jedem Abbau des Guanos Opfergaben auf den Guano-Inseln, darunter auch wertvolle Gegenstände aus Silber.¹¹ Sie transportierten Guano in Lamakarawanen bis zu 100 km weit von der Küste und auf Höhen von 3000 bis 4500 m, wo sie Terrassen anlegten und Kulturen von Mais und Kartoffeln über Kanäle bewässerten.¹² Humboldt besuchte die Chincha-Insel nicht selbst, nahm jedoch Guanoproben mit nach Europa.

Der Boom

Alexander von Humboldt übergab die Guanoproben nach seiner Rückkehr den führenden Analytikern seiner Zeit, Antoine François Fourcroy und Nicolas Louis Vauquelin in Paris und Martin Heinrich Klaproth in Berlin. Fourcroy und Vauquelin veröffentlichten im Jahr 1806 die Ergebnisse ihrer Analysen, Klaproth im Jahr 1807.¹³ Auf Wunsch von Klaproth ergänzte Humboldt die Ergebnisse mit einer Darstellung der Geschichte des Guanos.

Der Name: Huanu, (die Europäer verwechseln immer Hua mit Gua, und u mit o) bedeutet in der Inka-Sprache Mist, mit dem man düngt. Das Verbum Düngen heißt huanunchani. Die ursprünglichen Einwohner von Peru glauben alle, dass der Guano Vogelmist sei; nur von den Spaniern bezweifeln es viele. Sonderbar genug, daß sich die Guano-Inseln und Klippen alle zwischen dem 13ten und 21ten grade südlicher geograph. Breite befinden; da doch südlicher und nördlicher die Schaar von Cormoranen, Flamingo's und Kranichen gleich zahlreich zu sein scheint. Bei der Stadt Arica verbreitet die kleine Insel Isla di Guano einen solchen fürchterlichen Gestank, daß die Schiffe deshalb sich der Stadt nicht ganz zu nähern wagen, wie schon Feuillé (Journal Vol.II p 598) bemerkt. In Arica sind längst

10 Vega 1609/1983, S. 182–184

11 Riechmann 2003

12 King 2013, S. 203

13 Fourcroy/Vauquelin 1806 und Klaproth 1807

dem Ufer große Magazine gebauet, in denen der Guano aufbewahrt wird. Wenn man bedenkt, dass, seit dem 12ten oder 13ten Jahrhunderte wenigstens, schon die Gewohnheit herrscht, mit Guano zu düngen, daß viele Millionen Kubikfuß davon auf dem sandigen Theile von Peru verstreuet worden sind, (da die Möglichkeit des Ackerbaues längst der Seeküste ja bloß auf diesem köstlichen Mittel beruhe,) wenn man bedenkt, daß der Guano noch immer in gleicher Menge geliefert wird, ja daß, nach jetzigen Erfahrungen, die Vögel auf einer Insel in vielen Jahren nicht ein Paar Schiffsladungen hervorzubringen scheinen, so erstaunt man über die lange Reihe von Jahrhunderten oder über die Menge von Vögeln, welche dazu gehörten, jene Guano-Schichten aufzuhäufen.¹⁴

Obwohl die Chemiker die Bedeutung von Guano für den Pflanzenbau erkannten, dauerte es noch Jahrzehnte, bis die Verwendung von Guano allgemein üblich wurde. Auf der Insel St. Helena übertraf Guano in den Jahren 1808/1809 in ersten Versuchen mit Schweinemist, Pferdemist und Guano von der vorgelagerten Insel Egg Island zu Kartoffeln die traditionellen Dünger bei weitem, ebenso erfolgreich waren Versuche in Großbritannien.¹⁵ Weitere Versuche wurden in Baltimore durchgeführt. Jedoch gab es auch einige Misserfolge, die zu großer Skepsis unter den Bauern führten.¹⁶

Justus Liebig hatte mit der Veröffentlichung seines Buches „Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie“ im Jahr 1840 entscheidenden Einfluss auf die allgemeine Anerkennung der Düngung mit Guano in der Landwirtschaft.¹⁷ Als eine Ladung von 20 Fässern Guano eintraf, konnten in England Versuche in größerem Maßstab durchgeführt werden. Nach Deutschland, wo man ihn indirekt über Großbritannien bezog, kam die erste größere Fuhre Guano im Jahr 1841. Weitere Versuche in Irland, Osteuropa und bald auch in den USA brachten Ertragssteigerungen von 30-300 %. Diese Erfolge sprachen sich schnell herum, phantastische Übertreibungen waren an der Tagesordnung.¹⁸ Z.B. brachten die „Berlinischen Nachrichten“ am 3. März 1842 eine Meldung aus Hamburg vom 28. Februar über das Eintreffen von 6-7000 Säcken Guano, in der auch Humboldt genannt wurde. Daraufhin schrieb Alexander von Humboldt in einem Brief an Samuel Heinrich Spiker, Redakteur der „Berlinischen Nachrichten von Staats- und gelehrten Sachen“ am 5. März 1842: „ob Sie nicht, um dem vielen vaguen was man jetzt über den Guano druckt, ein Ende zu machen, einen kleinen Artikel aufnehmen wollen, der meine ält[er]n Rechte bewahrt.“, was dieser auch tat.¹⁹ Humboldt war wohl auch der Meinung, dass sein Beitrag zu wenig gewürdigt wurde. In einem Brief an Adolf Heinrich August Bergmann, dem Herausgeber der „Düngerlehre“, schrieb er am 11. Dezember 1850:

Ich habe bei dem schnellen Durchblättern ihres Werkes keine Versuche über den Guano gefunden, den ich zuerst nach Europa gebracht und mit Vauquelin habe chemisch kennen gelehrt. Zwanzig bis dreissig Jahre hat man auf meine Empfehlung aus Peruanischer

14 Humboldt 1807

15 Cushman 2013, S. 30

16 Bielecke 1934, S. 28–36

17 Liebig 1840

18 Hth 1863 und Wimmer/Holzwarth 2013

19 Humboldt 1842/2007, S. 174

Erfahrung nicht gehört und jetzt oft über den Guano, der amerikanisch und afrikanisch chemisch verschieden ist, geklagt, weil man wahrscheinlich überreizte.²⁰

Humboldt sah sich ganz offensichtlich in der Verantwortung für Guano, sowohl was die Akzeptanz seiner Empfehlungen als auch Gerüchte und Übertreibungen bei der Anwendung von Guano sowie seinen eigenen Beitrag in Bezug auf die Entwicklung der Düngung in der Landwirtschaft betraf. Bergmann erwähnt jedoch sehrwohl „eigene Beobachtungen“, wobei nicht klar ist, ob damit Beobachtungen in der eigenen Praxis gemeint sind. Humboldt erwähnt er in seinem Buch nicht.²¹

Ein peruanisches Sprichwort lautet: „Guano kann Wunder bewirken, obwohl er kein Heiliger ist.“²² Peru hatte 1825 seine Unabhängigkeit von Spanien erreicht, genau zu dem Zeitpunkt als Guano allgemein Interesse erweckte. Um den Handel zu fördern erhob die neue Regierung keine Steuern auf Guano und sandte Guanoproben nach Europa. 1841 verließen 23 Schiffe mit über 6300 t getrocknetem, stinkendem Kormorankot die Chinchas in Richtung England, vor allen Dingen nach Liverpool.²³ So begann der Guanoboom.²⁴

Das starke Bevölkerungswachstum in Europa, der Anbau von Baumwolle, Zuckerrohr, Tee, Kaffee, Kakao und vielen weiteren Kulturpflanzen auf den Plantagen in Übersee sowie große Gebiete, die z.B. im Mittleren Westen der USA unter Pflug genommen wurden und gedüngt werden mussten, erhöhten den Bedarf an Düngemitteln in bis dahin unbekannter Größenordnung. So wurde ab 1845 auf den Seychellen Guano abgebaut und nach Mauritius für die Düngung von Zuckerrohr verschifft. Der dort produzierte Zucker wurde nach Europa exportiert. Guano hatte wesentlichen Anteil an dieser Globalisierungswelle.²⁵

Nachdem man die erstaunlichen Eigenschaften von Guano erkannt hatte, entwickelte sich ein Boom, der, mit einem Höhepunkt in der Zeit von 1845 bis 1880, bis Ende des 19. Jahrhunderts anhielt.²⁶ Hauptabnehmer war England, gefolgt von Frankreich, Deutschland und Belgien. 1870 wurden bereits 520.000 t Guano allein nach Deutschland exportiert.²⁷ In Europa war Guano hochwillkommen und schon bald aus der Landwirtschaft nicht mehr wegzudenken. 1863 schrieb die Zeitschrift „Die Gartenlaube“ euphorisch:

Hätte einer unserer biederen ackerbautreibenden Altvordern gesagt ‚es wird die Zeit kommen, wo der Bauer den besten Mist vom entgegengesetzten Ende der Erde, viele, viele 100 Meilen über weite Meere hier beziehen wird‘ – sie hätten ihn ausgelacht und die Richtigkeit in seinem Oberstübchen in Zweifel gezogen. Und doch ist diese Zeit gekommen, kein einsichtsvoller Landwirt lacht mehr über die Zumuthung, seine Felder mit antipodischem Dünger zu durchsetzen; der nimmer rastende menschliche Unternehmungsgeist hat das

20 Humboldt 1850/2008, S. 239–245

21 Bergmann 1850

22 Anonymus 1845

23 Hollett 2008, S. 85–86

24 King 2013, S. 204

25 Anonymus 2013

26 Gootenberg 1993, S. 1

27 Riechmann 2003

ehemals Unmögliche und Lächerliche möglich und vernünftig gemacht, tagtäglich sind viele mit Dünger schwer belastete Schiffe auf hoher See, während der europäische Landmann mit kluger Berechnung den Mehrertrag erwägt, den ihm das kostbare Düngemittel bei der nächsten Ernte verschaffen soll [...]. Das neue und eigentümliche der Sache macht die Guanofrage zu einer der merkwürdigsten Erscheinungen der Neuzeit, und als solche hat sie die allgemeine Aufmerksamkeit zweier Weltteile auf sich gezogen. Greift sie doch in die verschiedenen Interessenkreise ein: Schiffer, große und kleine Kaufleute, Landwirthe und Gärtner, ja selbst Chemiker geht sie unmittelbar an, für die nächsten Beteiligten ist sie sogar eine Lebensfrage.²⁸

1865 machte Guano 1 % des Importwertes von Großbritannien, 0,6 % in Frankreich, 1,5 % in Belgien und 1,9 % der über Hamburg importierten Güter aus.²⁹

Victor von Scheffel dichtete 1854 ein Guanolied, in dem der Zusammenhang zwischen den Inseln im Pazifik und dem schwäbischen Ort Böblingen gepriesen wird.³⁰ Es schließt mit folgenden Worten:

Und die Anerkennung der Besten fehlt ihren Bestrebungen nicht,
denn fern im schwäbischen Westen der Böblinger Repsbauer spricht
Gott segn euch, ihr trefflichen Vögel an der fernen Guanoküst,
trotz meinem Landsmann, dem Hegel, schafft ihr den gediegensten Mist.

Bis zum Beginn des Guanobooms mussten die Bauern im Wesentlichen mit den Nährstoffquellen auskommen, die ihnen auf dem eigenen Boden zur Verfügung standen. Nun waren die Nährstoffversorgung der Kulturpflanzen und der Ertrag in der Landwirtschaft nicht mehr vollständig von der Sorgfalt der Bauern und den natürlichen Gegebenheiten abhängig. Der Zukauf von Guano war eine Frage der finanziellen Möglichkeiten der Käufer und erhöhte die Konkurrenzfähigkeit zahlungskräftiger Landwirte. Das Mitbringsel Alexander von Humboldts führte zur Einführung des ersten Handelsdüngers, ein bedeutender Schritt zur Globalisierung der Ernährung der Menschen.

Der Guanoboom hatte in Europa auch einige bizarre Auswirkungen in der Medizin. Guano wurde in Mischungen mit Kleie oder Lime bei Gelenksentzündungen zu Umschlägen und Bädern verwendet, in Salben gegen Akne, Kopfgrind, Nesselsucht, chronische Gicht und Krebsgeschwüre und in Augenwässern gegen Hornhautflecke. Sogar innerlich wurde er in Form von Guanosirup angewendet. Auch Guano-Kuren waren in Mode.³¹

In der Geschichte Perus ist das 19. Jahrhundert weniger als eine Zeit des wirtschaftlichen Fortschritts in Erinnerung geblieben, sondern vielmehr als das historische Paradigma, als ein Musterbeispiel für eine politische, wirtschaftliche und soziale Achterbahnfahrt, für einen Boom und das anschließende katastrophale Scheitern, das die Konsequenz sein kann, wenn ein Land von einem einzigen, begrenzt verfügbaren Exportgut abhängt. Peru hatte für eine kurze Zeit de facto ein Monopol für den Handel mit Guano. Über vier Dekaden wurden ca. 11 Mio. t Guano

28 Hth. 1863

29 <https://de.wikipedia.org/wiki/Guano>

30 Scheffel 1854

31 Hager 1938, S. 58–62

exportiert, der Erlös auf den Weltmärkten betrug 750 Mio. US\$, eine zu dieser Zeit unvorstellbare Summe. Andere Autoren sprechen sogar von 20 Mio. t Guano und einem Profit von 2 Mrd. US\$ über einen Zeitraum von 40 Jahren. Auf Grund der vermeintlichen Bonität Perus und der mit dem Export befassten Akteure, z.B. Schiffseigner und Händler, wurden an den internationalen Märkten hohe Darlehen aufgenommen. Die Euphorie hielt jedoch nicht lange an. Der Guanopreis wurde von der Regierung Perus angehoben, um die neuen Schulden zurückzahlen zu können.³² Die Reaktion der Käufer erfolgte sofort. Wie verheerend sich der Guanoboom auf die Entwicklung von Peru auswirkte wurde detailliert in dem Artikel "The Guano Age in Peru" beschrieben. Bereits ab dem Jahr 1849, also fünf Jahre nach dem Beginn des Booms, stiegen die Schulden Perus. Die Regierung behielt das Eigentum an Guano bis er verkauft war, um die Kontrolle über den Verkauf zu behalten. Das Ergebnis war, dass die Händler keinerlei Anreiz hatten, die Ware schnell zu verkaufen, da die Regierung das benötigte Geld borgte und mit Zins zurückzahlte. So wurde der Zeitraum zwischen Verschiffung und Verkauf durch die Händler ausgedehnt, was wiederum die Regierung in Abhängigkeit hielt. Schließlich wurde dieses System für die Händler profitabler als der Verkauf von Guano. 1854 wurden die Sklaverei und die Abgaben der indianischen Bevölkerung an die peruanische Regierung abgeschafft. 1857 kamen 3/4 der Einnahmen des Landes aus Guano. Aufgrund der hohen Entschädigungszahlungen an die Sklavenhändler stieg die Inflation und die Spekulation mit Guano wurde interessanter als Investitionen im Land. Infolge der Abschaffung der Kopfsteuer fiel die wesentliche Stimulation für die indianische Bevölkerung zur Produktion von Lebensmitteln für die Städte weg, was zu Nahrungsmangel in den Städten führte. Kriminalität und Aufstände nahmen in den Städten zu, die Arbeitslosigkeit stieg. Keineswegs jeder profitierte von dem Boom, die Entwicklung des Landes stagnierte, nur die Importe stiegen. Der peruanische Präsident José Balta war zu Beginn seiner Amtszeit der Meinung, dass die Ressource Guano in absehbarer Zeit nicht zu Ende gehen würde.³³ Guano war die Sicherheitsleistung für die Händler und Banken in Europa. 1868 verweigerten die Banken dem Guanosyndikat französischer Händler ihre Unterstützung, so dass das Syndikat einmal sogar Goldbarren aus New York zur Absicherung holen musste. Als Nitrat als landwirtschaftlicher Dünger in Europa an Bedeutung gewann, gab es plötzlich 500 000 t unverkauften Peru-Guano. Die Konkurrenz von Chile und Bolivien um die Vormachtstellung in Südamerika führte zum Salpeterkrieg 1879–1884. Peru wurde nun einer der größten Schuldner in Europa. Berichte in Europa, dass der Guano guter Qualität in Peru zu Ende ginge, taten ein Übriges. Die Qualität von Guano war nicht stabil, der Preis sank. Ein französischer Händler merkte an: „Guano ist wie Champagner: leicht, überschäumend und kurzlebig“. Durch den Krieg verlor Peru die Kontrolle über seine Guano- und Nitratlagerstätten und damit seine Einkommensquelle. Der Guanoboom endete für Peru im späten 19. Jahrhundert mit einem finanziellen Desaster.³⁴ Peru war schließlich bankrott, europäisches Kapital kontrollierte das Land.³⁵

Für Peru war es die klassische Geschichte „vom Tellerwäscher zum Millionär“, mit elegantem Lebensstil einer gehobenen Schicht, umfangreichen Importen von Luxusgütern, Populismus und Geschenken an das Volk, einem erkaufte politischen Frieden und unbegrenztem Kredit bei den Banken in London.³⁶ Ähnliches beobachten wir heute für Länder mit umfangreichen Lagerstätten begehrter Ressourcen wie Erdöl und Erdgas. „Könnte es sein, dass Guano der Stab

32 Mathew 1980

33 Lawrence 2014

34 Gootenberg 1989, S. 1

35 Olinger 1980

36 Gootenberg 1993, S. 2

des Moses, der Huf von Pegasus ist, der Wasser in der Wüste entspringen lässt?!“, so der Ausruf eines Guanohändlers im Oktober 1851.³⁷ Welch ein Irrtum!

Anthropogener Einfluss und ökologische Veränderungen

Der Guanoboom hatte gravierende ökologische Folgen für die Chincha-Inseln. Während der 300jährigen Herrschaft der Spanier seit dem Jahr 1532, nach der Unabhängigkeit und bis zur innenpolitischen Stabilisierung 1845 war in Peru der Abbau von Guano auf den vorgelagerten Inseln zurückgegangen, so dass die Populationen der dort lebenden Tierarten prosperierten und die Guanolager durch die auf den Inseln nistenden Vögel aufgefüllt waren.³⁸ Gegen Mitte des 19. Jahrhunderts produzierte eine Insel mit 2-3.000.000 Vögeln jährlich 10 000 t Guano.³⁹ Das Nest des Peruanischen Tölpels besteht komplett aus Guano (Abb. 1), der Humboldt-Pinguin gräbt seine Nisthöhle in Guanohängen. Das Schwinden der Guano-Vorkommen mindert den Lebensraum dieser Tiere. Zur Zeit der höchsten Produktion während der 1860er Jahre wurden 400.000 t Guano mit einem Wert von 24 Mio. US\$ jährlich exportiert. Kurz gesagt, der Raubbau war rücksichtslos, das über Jahrhunderte bewährte System der Inkas längst vergessen. Die peruanische Regierung gründete im Jahr 1890 die Guano Administration Company mit dem Auftrag, 6 Monate jährlich Störungen für die brütenden Vögel zu verhindern, Fangquoten für die Fischindustrie zu überwachen und die Vogelpopulationen wissenschaftlich zu beobachten. Die Regeationsphase wird auf 10 Jahre geschätzt.⁴⁰ Im Jahr 2014 betrug die Vogelpopulation insgesamt nur wenige Millionen Tiere, zu einem Zeitpunkt also, zu dem Guano als „chemiefrei“ und „ökologisch korrekt“ gilt und in Nordamerika und Europa an Ansehen gewinnt.



Abbildung 1: Das aus Guano bestehende Nest eines Guanotölpels auf der peruianischen Insel La Vieja vor der Halbinsel Paracas. Quelle: Alessandro Catenazzi, Wikimedia Commons, <http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Guano.jpg>

37 Gootenberg 1993, S. vii

38 Meagher/Meagher 2008, S. 43

39 Rümpler 1911, S. 121

40 Munita/Schulz 2009

Soziale und gesellschaftliche Auswirkungen

Die sozialen und gesellschaftlichen Umwälzungen des 19. Jahrhunderts in Peru durch die Entdeckung von Guano für die globale Landwirtschaft waren dramatisch und sind bis heute sichtbar, denn Peru benötigte für Abbau und Transport von Guano viele Arbeitskräfte. Die Inka-Bevölkerung war den klimatischen Bedingungen an der Küste Perus und den Arbeitsbedingungen auf den Chincha-Inseln nicht gewachsen und hatte sich ins Hochland zurückgezogen. Vergeblich hatte Peru zwischen 1840 und 1870 versucht, Immigranten aus Europa als Arbeiter anzuheuern. Guano hat einige furchtbare und sehr ungesunde Aspekte: die stinkenden Wolken von Staub, die beim Abgraben und Verladen von Guano auf die Schiffe entstehen, machen das Leben auf den Inseln fast unerträglich. Daher konnten keine Freiwilligen für den Guanoabbau eingestellt werden.⁴¹

Gleichzeitig hatte sich in China auf der anderen Seite des Pazifiks durch Millionen armer und unterernährter Flüchtlinge innerhalb des Landes starker Druck entwickelt. Zwischen 1741 und 1850 war die Bevölkerung von 143 auf 400 Millionen Menschen angestiegen. Die Fläche von Ackerland jedoch war nur um 35 % ausgeweitet worden, mit extremen sozialen Folgen wie starkem Opiumkonsum, Spielsucht, Trinksucht, Prostitution, Sklavenhandel und hoher Inflation.⁴² Eine Kooperation zwischen China und Peru bot sich praktisch von selbst an. Der Kongress in Peru erließ 1849 ein „Chinesen-Gesetz“, um den Import von chinesischen Kulis zu fördern. Die ersten chinesischen Kulis erreichten Peru im Oktober 1849. Bis zum Ende dieses Menschenhandels ein Viertel Jahrhundert später wurden über 100.000 Chinesen nach Peru importiert. Diese Reise von China nach Südamerika begann in den Dörfern und Städten Südchinas. Die meisten, einfachen Bauern, glaubten den Versprechungen für ein besseres Leben auf der anderen Seite des Pazifiks. Die Methoden für die Rekrutierung reichten von Betäubungsmitteln über Alkohol bis zu Kidnapping von Männern im Alter zwischen 10 und 40 Jahren. Im Hafen von Macao, wo ein halbes Dutzend Schiffe europäischer und amerikanischer Nationalität auf die menschliche Fracht warteten, wurden 4-5 US\$ für jeden angelieferten Mann bezahlt. Der Handel mit Sklaven aus Afrika ging Ende der 1850er Jahre zu Ende. Umso interessanter wurde der Handel mit den chinesischen Kulis, die freiwillig Verträge zu ihrer Emigration unterzeichneten, jedoch gar nicht wussten, was sie unterschrieben, denn sie waren praktisch ausnahmslos Analphabeten. Die Reise von China zu dem peruanischen Hafen Callao dauerte 4-5 Monate. Die Menschen an Bord wurden nur äußerst dürftig ernährt und litten häufig an Skorbut und Amöbenruhr, viele kamen niemals in Peru an. (Abb. 2) Das Schiff *Empresa* beispielsweise verließ Macao 1852 mit 323 Kulis an Bord und erreichte Callao 114 Tage später mit 77 Personen weniger, hatte also einen Verlust von 24 % seiner ursprünglichen Fracht zu beklagen. Die durchschnittliche Sterberate betrug 25-30 % verglichen mit 10 % in den letzten Tagen des Sklavenhandels aus Afrika, Tote wurden einfach über Bord geworfen. Um Aufstände an Bord zu verhindern wurde die menschliche Fracht gefangen gehalten, alle Ausgänge, Türen und Luken der Kuli Quartiere waren geschlossen und Tag und Nacht bewacht, zum Teil sogar mit Kanonen. Als Reaktion auf Berichte von diesem Handel wurde auf Betreiben der Briten der Hafen in Hongkong für den Export von Arbeitern geschlossen und Peru verbot den Import von Kulis. Dieser wohlmeinende Beschluss wurde jedoch bald von der ökonomischen Notwendigkeit außer Kraft gesetzt, um das Überleben des Landes zu sichern. Die Kulis wurden in Peru verkauft, der Preis betrug bis zu 450 US\$ je Kontrakt, also pro Person für einen Zeitraum von acht Jahren – ein Zeitraum,

41 Meagher/Meagher 2008, S. 43

42 Clayton 1980

den kaum ein Kuli auf den Chincha-Inseln überleben sollte. Die Gewinne der Schiffseigner aus diesem Menschenhandel betrug das 5-10-fache der Gewinne aus Tiertransporten. Schätzungsweise 30000 chinesische Kulis kamen von Mitte der 1840er bis Mitte der 1870er Jahre auf die Chincha-Inseln.⁴³

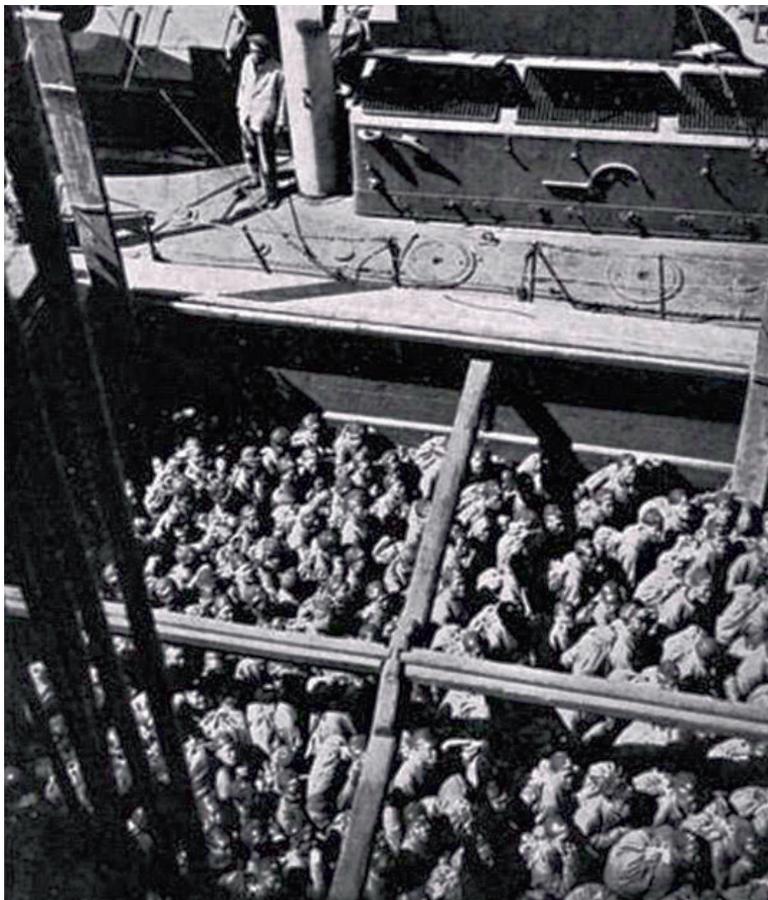


Abbildung 2: Laderaum eines Sklavenschiffs mit einer neuen Ladung Kulis. Quelle: <https://yaffle53.wordpress.com/2014/05/22/a-history-of-the-peruvian-guano-industry/>

Es ist eine tragische Ironie der Geschichte, dass der wirtschaftliche Boom in Peru, der zum großen Teil auf der Arbeit der chinesischen Kulis beruhte, durch die Profite aus dem Guanohandel schließlich zum Ende der traditionellen Sklaverei mit afrikanischen Sklaven in Peru im Jahr 1855 führte, denn die peruanische Regierung stellte aus den Einnahmen des Guanoexports die Kompensationszahlungen für die Sklavenhändler bereit.

Das Leben der Kulis auf den heißen und feuchten Inseln war die reine Hölle. Auf den Inseln gab es kein Wasser und keinerlei Vegetation, Trinkwasser wurde mit Schiffen herbeigeschafft. Guano musste mühsam von Hand aufgehackt und mit Schaufeln in Säcke gefüllt werden. (Abb. 3) Bei starkem Wind wirbelten große stinkende Wolken in die Luft und legte sich über alles und jeden auf und in der Nähe der Inseln. Der Guanostaub drang in die Lungen ein. Das Tagessoll betrug 80 bis 100 Schubkarren Guano, es mussten also 4-5 t abgegraben und mit Schubkarren bis zu 400 m weit zu den Rutschen geschoben und auf Barken über die stürmische See zu den Schiffen gebracht werden. Die Arbeitszeit betrug bis zu 20 Stunden täglich sechs Tage die Woche. Die Arbeiter erhielten einen Hungerlohn von 1 Real pro Tag und lebten in Bam-

43 Lawrence 2014

bus- oder Schilfgrasverschlägen auf Grasmatten und Säcken auf einem Fußboden aus Guano. Sie atmeten toxischen Staub, wenn sie schliefen, mit der Spitzhacke den Guano abschlugen, schaufelten, karrten, in Säcke füllten und trimmten. Das Meer um die Inseln ist tief und unruhig, die Inseln haben hohe steile Kliffs, die Beladung der Schiffe ist nicht immer möglich, Häfen konnten nicht angelegt werden, technische Hilfsmittel waren kaum einsetzbar. Der gesamte Transport des Guanos vom Aufhacken der Guanoschicht bis zum Schiff erfolgte ausschließlich von Hand. Die Beladung eines Schiffes dauerte bis zu 3 Monate, ein Großteil des Guanos ging wegen der schwierigen Bedingungen dabei verloren. Obwohl man sie als Siedler oder Vertragsarbeiter bezeichnete, hatten die Kulis keinerlei rechtliche Vertretung. Einige Männer erkauften sich ihre Freiheit mit angespartem Geld, die meisten jedoch benötigten ihr Geld für Nahrungsmittel, Glücksspiel, Alkohol und Opium, das die peruanischen Behörden über britische Kanäle vermittelten.⁴⁴



Abbildung 3: Chinesische Kulis beim Abbau von Guano, El Gran Montón, Isla Norte, Islas de Chincha, 1865. Quelle: <https://celendinlibre.files.wordpress.com/2012/02/islasdechinch3.jpg>

Unter diesen Bedingungen und bei extrem geringer Versorgung mit oft verdorbenen Lebensmitteln – zwei Pfund Reis und einem halben Pfund Fleisch pro Woche – war das Leben für die Kulis unerträglich. Sie aßen die auf den Inseln nistenden Vögel und wurden von deren Zecken geplagt. Gesundheitliche Folgen dieser Bedingungen waren schwere Erkrankungen der Augen und Atemwege, Skorbut, Influenza und Malaria. So sahen viele Menschen keinen anderen Ausweg als ihrem Leben ein Ende zu setzen, indem sie sich über die Klippen stürzten, oder sich

44 Peck, 1853/1854 und Lawrence 2014

mit einer Überdosis Opium ins Jenseits beförderten. Für die Kulis auf den Chincha-Inseln muss Selbsttötung eine verlockende Erlösung gewesen sein nach einem Leben mit Krankheiten, unendlicher Monotonie und dem bestialischen Gestank, Bestrafungen wie Auspeitschung, Festbinden in der prallen Sonne oder an einer Boje. Kaum ein Kuli überlebte die Vertragszeit. Als der Guano zu Ende ging, fand auch der Import von Kulis aus China sein Ende, einige Nachfahren (3% der Bevölkerung) leben heute noch in Peru.⁴⁵



Abbildung 4: Mühsam wird Guano von Hand aufgehackt und in Säcke verpackt (© Tomás Munita)

Die Arbeit auf den Chincha-Inseln war und ist für die Arbeiter wegen der Ammoniakdämpfe und des Staubs gesundheitsschädlich. Im Vergleich zu den in dieser Arbeit beschriebenen Verhältnisse Mitte des 19. Jahrhunderts haben sich die Arbeitsbedingungen bis heute nicht wesentlich verändert. Guano muss von Hand freigehackt, in Säcke geschaufelt und zum Teil auf dem Rücken der Arbeiter zu den Schiffen transportiert werden. Die Mechanisierung des Abbaus von Guano ist aus ökologischen Gründen nicht gestattet.⁴⁶

Der Photograph Tomás Munita (Abb. 4) und der Filmemacher Stefan Richts haben die Arbeitsbedingungen auf den Guano-Inseln in Südamerika dokumentiert.⁴⁷ Guano wurde vom Hoffnungsträger für eine moderne Landwirtschaft am Beginn ihrer globalen Ausdehnung zu einem Nischenprodukt als „biologischer Dünger“, der im Kleingarten und im ökologischen Landbau verwendet wird. In Peru kommt der größte Teil des abgebauten Guanos auf den eigenen Fel-

45 Clayton 1980, Meagher/Meagher 2008 und Lawrence 2014

46 Wimmer/Holzwarth 2013

47 Munita/Schulz 2009 und Richts 2015

dern zum Einsatz, ca. 20 % werden in die EU, die USA und nach Israel exportiert.⁴⁸ Kaum ein Konsument dürfte über die Arbeitsbedingungen der Guanoarbeiter informiert sein.

Die fortschreitende Industrialisierung in Europa im 19. Jahrhundert und die damit einhergehenden Bevölkerungsbewegungen vom Land in die Stadt hatten zur Folge, dass eine Bevölkerung, die sich selbst ernährt hatte, nun zu Konsumenten von Lebensmitteln wurde. Diese wurden nicht mehr in der Nachbarschaft produziert, sondern mussten kontinuierlich über den Handel zur Verfügung gestellt werden. Mit den Lebensmitteln wurden Nährstoffe wie Phosphor von landwirtschaftlichen Flächen in die Städte verlagert, die dann am Land fehlten und sich in den Städten als Fäkalien und Abfall anreicherten. In der Folge entsprach der steigenden Nachfrage nach Düngemitteln auf dem Land in den Städten die Frage, wie man mit den Fäkalien und Abfällen umgehen sollte. Zu Beginn waren die Entfernungen zwischen den landwirtschaftlich genutzten Flächen und den Städten gering und der „Boden der Nacht“ – night soil –, wie man die Fäkalien euphemistisch nannte, konnte auf die Felder zurückgebracht werden, um die Bodenfruchtbarkeit zu erhalten. Albrecht Daniel Thaer schlug bereits im Jahr 1811 vor, zu Verbesserung der „Bodenkraft“ Exkremente aus städtischen Latrinen auf die Felder auszubringen: „Dass dadurch in Europa eine Million Menschen mehr ernährt werden können, hat keine Zweifel.“⁴⁹ Die wachsende Entfernung, die schiere Menge und gesundheitlichen Probleme der städtischen Bevölkerung ließen sich jedoch nicht ignorieren und erforderten eine dauerhafte Lösung.

Im Jahr 1854 waren die Lebensbedingungen in London für die 2.5 Mio. Menschen katastrophal. Abwasserkanäle transportierten vor allem Überlauf aus den Sickergruben und oberflächlichen Ablauf über eine kurze Entfernung in die Themse. Das Prinzip, das ja auch heute noch weitgehend zum Tragen kommt, hieß „aus den Augen, aus dem Sinn“. In London entstand ein umfangreiches Kanalnetz. Indem man nun die Fäkalien in Wasser kippte anstatt sie auf die landwirtschaftlichen Flächen zurückzuführen, wurde durch die Veränderung der sanitären Einrichtungen aus einer Gesellschaft, die Phosphor wiederverwertete, eine Gesellschaft, die diesen als Durchflussmaterial nutzt, zu einer modernen Wegwerfgesellschaft. Phosphat, nun vermeintlich unbegrenzt verfügbar, wurde einmal genutzt und dann als unbrauchbar in Durchlaufsystemen „entsorgt“. Die Sorge um die öffentliche Gesundheit stand im Vordergrund und gab zusammen mit den wirtschaftlichen Bedingungen der Industriellen Revolution die Richtung vor. Die sichere Entsorgung der Exkremente war wichtiger und wohl auch billiger als die Wiederverwendung als Dünger.⁵⁰ Die Entwicklung in London war richtungsweisend für Europa und Nordamerika.

Düngemittel und Phosphatindustrie

50 Jahre nachdem Alexander von Humboldt Guanoproben nach Europa gebracht und analysieren lassen hatte, war Guano als wesentliche Quelle von Phosphat für die Düngung in der Landwirtschaft in Europa, Nordamerika und den Kolonien fest etabliert. Die Bevölkerung in Europa nahm von 195 Millionen im Jahr 1800 auf 422 Millionen im Jahr 1900 zu. Ohne Guano wäre die Ernährung der wachsenden Bevölkerung nicht möglich gewesen. Das Interesse an der

48 Wimmer/Holzwarth 2013

49 Kanter 2005

50 Ashley et al. 2011

landwirtschaftlichen Produktion in den Kolonien und die entsprechenden Handelsströme von Gütern aus aller Welt nach Europa wurden durch Guano wesentlich befördert.

Der Guanoboom ging zu Ende, als die Vorräte in Peru und anderswo erschöpft waren. Große Phosphatlagerstätten sedimentären und magmatischen Ursprungs wurden an vielen Orten entdeckt, z.B. 1885 in Tunesien. Stickstoff, der für die Düngung ebenso wichtig ist wie Phosphor und mit Guano aus Peru und Chile nach Europa und den USA gebracht wurde, konnte nach der Entwicklung der Ammoniaksynthese durch Fritz Haber aus der Atmosphäre gewonnen werden. Phosphat jedoch ist ein Rohstoff, der nur in Lagerstätten abgebaut werden kann. Lagerstätten, die ausgebeutet sind, werden nicht wie Guano in einem Zeitrahmen mit menschlichen Dimensionen regeneriert, sondern erst in Jahrillionen. Die Bereitstellung von Phosphor gilt daher vielen Wissenschaftlern als Flaschenhals für die globale menschliche Ernährung.⁵¹ Chemiker beschäftigten sich nun intensiv mit dem Aufschluss und der Verbesserung der Nährstoffverfügbarkeit in den Rohmaterialien. Justus Liebig gab 1842 in seinem Buch „Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie“ die Empfehlung, die Wirksamkeit von Knochenmehl durch Zusatz von Schwefelsäure zu erhöhen.⁵² Die nun aufkommende Phosphatindustrie machte es sich zur Aufgabe, Phosphat aus Guano und vor allen Dingen aus Knochen zu gewinnen.⁵³ Rohmaterial für die ersten „Superphosphate“ waren Tier- und Menschenknochen. Auf der Suche nach diesem Material wurden die Gräber- und Schlachtfelder Europas ausgebeutet, die alten Beinhäuser Siziliens und die Schlachtfelder von Leipzig, Waterloo und des Krimkriegs. Liebig schätzte die von 1810 bis 1860 nach England eingeführte Menge von Phosphaten insgesamt „in Knochen ausgedrückt“ auf 4 Mio. t.⁵⁴ Guano hatte den großen Vorteil, dass er nicht so schwer zu zerkleinern war wie Knochen, die man in Knochenmühlen mit Wasserkraft oder Zugtieren mahlen musste, also nur unter Energieaufwand verfügbar machen konnte. Ganze Knochen überdauern Jahrtausende, Knochenmehl wird im Gegensatz dazu schnell zersetzt. Wie verzweifelt vor dieser von Alexander von Humboldt angestoßenen Entwicklung die Suche nach Phosphat als Dünger war, ist in dem Buch „Die käuflichen Düngestoffe, ihre Zusammensetzung, Gewinnung und Anwendung“ nachzulesen. Koprolythe, also „versteinerter Kot ausgestorbener Tiergeschlechter“, nutzte man in England für die Düngung; fossile Knochen, die man in großer Menge in den Höhlen des Jurakalk fand, wurden ausgebeutet. Berühmt ist die „Gailenreuther Knochenhöhle, die meisten der daselbst sich vorfindenden Skeletteile gehören dem Höhlenbären, einem 6 m langen Raubtier. Die Knochen sind an manchen Stellen oft 8 m hoch angehäuft, in einer benachbarten Höhle wurden die vollständigen Gerippe von wenigstens 2500 Bären gefunden“.⁵⁵

Konkurrenz

Gleichzeitig stieg im 19. Jahrhundert der Bedarf an Phosphor durch die Erfindung von Streichhölzern in ungeahnter Weise an. Ab dem Jahr 1816 wurden Streichhölzer mit Phosphorgehalt produziert, sie waren jedoch explosiv und gefährlich. Das Entzünden eines Feuers, insbesondere in feuchtem Klima, war vor der Erfindung des Streichholzes eine langwierige und um-

51 Cordell 2010, S. 85 und S. 115, sowie Cordell/White 2014

52 Liebig 1840, S. 160–180

53 Verein deutscher Düngemittelhersteller (Hrsg.) 1955

54 Haushofer 1972, S. 183

55 Rümpler 1911, S. 47

ständige Prozedur. Daher ist gut nachvollziehbar, dass das einfache, leicht zu handhabende Sicherheitsstreichholz als eine der größten Errungenschaften der Geschichte galt und die Phosphorindustrie aufgrund der gestiegenen Nachfrage völlig veränderte.⁵⁶ Jetzt gab es also einen bedeutenden Markt für Phosphor und so entwickelte sich die Phosphorproduktion zu einer Industrie im modernen Sinn. Da Guano viel Nitrat (Salpeter) enthält, wurde er auch als Ausgangsmaterial zur Produktion von Sprengstoff verwendet und die USA errichteten Schritt für Schritt ein Monopol.⁵⁷

Als Argument für ideologische Kämpfe sollte Guano ebenfalls herhalten. Im Jahr 1798 hatte Thomas Robert Malthus seinen „Essay on the Principle of Population“ veröffentlicht, seine Bevölkerungstheorie war bahnbrechend und gleich einem Erdbeben.⁵⁸ In der Folge versuchte der Board of Agriculture in Großbritannien vor allen Dingen aus ideologischen Gründen dagegenuhhalten und förderte die Arbeit des englischen Chemikers Humphrey Davy. Wie für alle Wissenschaftler, die sich mit Guano beschäftigten, war die düngende Wirkung von Guano in den trockenen, tristen Ebenen von Peru faszinierend und nachahmenswert. Insbesondere schien das traditionelle christliche Weltbild, in dem der Mensch die Krone der Schöpfung ist und Gott für stetiges Wachstum sorgt, das durch Malthus ins Schwanken geraten war, jetzt wiederhergestellt. Man hoffte auch, zum Beispiel in Cornwall vorhandenen Kormorandung in der Landwirtschaft verwenden zu können, was jedoch misslang, denn hohe Niederschläge und Luftfeuchtigkeit führen außerhalb trockener Klimazonen zur Auswaschung der Nährstoffe, der Guano ist wertlos.⁵⁹

Überfluss und Mangel – Boom und Niedergang: Monopole und Kampf um einen Rohstoff

Phosphor führt zu großer biologischer Prosperität, sobald er im Übermaß vorhanden ist. Sedimentäre Phosphatlagerstätten, die den überwiegenden Teil der globalen Lagerstätten ausmachen, sind die Hinterlassenschaft von Meeresorganismen, die z.B. im Maastrichtium vor 72–66 Mio. Jahren lebten. Daher findet man beim Abbau von Phosphat in Marokko ebenso Knochen und Zähne wie in Guano. Ebenso wird die wirtschaftliche Entwicklung von Staaten und Kulturen durch Phosphat beeinflusst. Der plötzliche Verlust oder Mangel an Phosphat kann Desaster und den wirtschaftlichen Absturz von Gesellschaften zur Folge haben. Beispielhaft hierfür ist die kometenhafte Entwicklung von Peru in den Jahren des Guanobooms, dem ein rapider Niedergang des Landes folgte, als einerseits die Guano-Lagerstätten nicht mehr die erwünschte Ausbeute brachten und zum anderen Phosphatlagerstätten sedimentären Ursprungs vor allem in Nordafrika entdeckt und mit wenig Aufwand ausgebeutet wurden. Im Jahr 1850, also 46 Jahre nachdem Alexander von Humboldt am 3. August 1804 in Bordeaux wieder europäischen Boden betreten und die Guanoproben den Chemikern in Paris übergeben hatte, war Peru eine reiche Exportnation, Ende des 19. Jahrhunderts lag es darnieder.

56 Gilmore 2014, S. 4

57 Keyzer 2010

58 Malthus 1798

59 Cushman 2013, S. 28

Mit dem Handel von Guano in Europa und Nordamerika ließ sich viel Geld verdienen, der Verkaufspreis lag zeitweise bei 50 US\$ gegenüber 15 US\$ im Einkauf.⁶⁰ Allein an den ersten großen Lieferungen verdienten die Handelshäuser Quiros, Myers & Co. 100 000 £, nach heutiger Kaufkraft 10 Mio. €.⁶¹

Der Umgang mit Guano war gewöhnungsbedürftig und nicht ohne Risiko. Als die ersten Schiffe in Southampton einliefen, muss „der Gestank so erbärmlich gewesen sein, dass die gesamte Stadtbevölkerung in die nahen Hügel geflüchtet ist“.⁶² Das Geschäft verlief so glänzend, dass bereits im ersten Jahr über 20 Schiffe mit ungefähr 6000 t Guano nach Europa gesandt wurden, von denen auch eines nach Hamburg kam. Durch den Guanohandel kam die Familie Ohlendorff in Hamburg zu großem Reichtum, besaß im Jahr 1884 16 Millionen Mark, beschäftigte 1000 Arbeiter und wurde im Volksmund als „Guanoritter“ oder auch „Schietbaron“ bezeichnet. Guano bedeutete auch immer Gestank, jedoch galt das Prinzip „pecunia non olet“ des römischen Kaisers Vespasian, das sich ja auch auf Exkremente bezog. Als der Handel mit Guano einbrach, geriet auch die Firma Ohlendorff in starke Turbulenzen.⁶³

Die hektische Suche nach Guano vor allem auf den Inseln in aller Welt beeinflusste die Gesetzgebung in Europa und der USA. Farmer in den USA drängten ihre Abgeordneten, Guano preiswert und in ausreichender Menge zur Verfügung zu stellen. Präsident Fillmore sagte in seiner ersten Rede zur Lage der Nation (State of the Union): „Peru Guano ist für die landwirtschaftlichen Interessen der USA so erstrebenswert geworden, dass es die Pflicht der Regierung ist, alle geeigneten Mittel in ihrer Macht für einen kostengünstigen Import einzusetzen.“⁶⁴ Er sollte nicht der einzige Präsident bleiben, der sich um die Phosphatversorgung seines Landes Sorgen machte. Die USA reagierten auf das faktische Monopol Perus am 18. August 1856 mit dem Guano Islands Act, der jedem Amerikaner das Eigentumsrecht an einer Insel zusprach, wenn sie weder einer anderen Nation gehörte, noch von Bürgern einer anderen Nation bewohnt war. Diese Inseln wurden automatisch zu US-Staatsterritorium, wenn dort ein US-Bürger Guano entdeckte und die Insel in friedlicher Absicht in Besitz nahm. So kam es zu einem wilden Wettbewerb um die Inseln: Es wurden Inseln benannt, die es gar nicht gab, einige Inseln bekamen mehrere Namen, die einheimische Bevölkerung der Inseln wurde ignoriert, übertölpelt oder vertrieben. Analysen von Guano wurden gefälscht, Guanoproben mit allen erdenklichen Stoffen vermischt und gestreckt; es wurden Schiffe gekapert, enorme Geldsummen riskiert und verloren, dies alles zur Erzielung des maximalen Profits aus Guano. Mehr als fünfzig Inseln wurden so dem amerikanischen Staatsgebiet hinzugefügt. Von diesen sind neun noch unter US-Kontrolle, denn das Gesetz ist bis heute gültig.⁶⁵ Die Gründung des amerikanischen Chemiekonzerns W.R. Grace Co. ist auf diese Zeit zurückzuführen.

Vor Betrug und gefälschten Analysen wurde gewarnt. Die Zeitschrift „Die Gartenlaube“ schrieb im Jahr 1863:

60 Lawrence 2014

61 Kanter 2005

62 Kanter 2005

63 Meyer-Odewald 2010

64 Skaggs 1994, S. 14

65 Congress of the United States 1856

Aus der erhöhten Nachfrage nach dem kostbaren Vogeldünger entstand bald eine neue, vielverheißende Quelle des Schwindels. Hier wurde der echte Stoff verfälscht. Von 20 Sorten fand der Chemiker Stöckhardt 14 Sorten gemischt, die besten darunter höchstens drei Viertel, die schlechtesten kaum mehr als ein Drittel so viel werth als guter, reiner peruanischer Guano!⁶⁶

Qualitätskriterien für Düngemittel, die bis heute weiterentwickelt wurden und sich z.B. für Deutschland in der Düngemittelgesetzgebung manifestieren, wurden auf Grund der stürmischen Entwicklung mit allerhand kriminellen Nebenaspekten nötig.⁶⁷

Ebenso wie Stickstoff für die Herstellung von Schießpulver ist Phosphor von großer Bedeutung für kriegerische Auseinandersetzungen und wird in der Produktion von Bomben und Kampfgasen auch in aktuellen Konflikten verwendet. Elementarer – weißer – Phosphor wurde im Zweiten Weltkrieg zum Beispiel bei der Bombardierung von Dresden eingesetzt. Chemische Waffen wie der chemische Kampfstoff Sarin enthalten häufig Phosphor. Guano war daher im 19. Jahrhundert auch ein wichtiger Rohstoff für die Waffenproduktion. Der Guano Islands Act der USA im Jahr 1856 diente in gleichem Maß dem Nachschub von Rohstoff für die Produktion von Düngemittel und Schießpulver.⁶⁸

Enorme Ertragssteigerungen in der Landwirtschaft durch den Import von Guano förderten die Landflucht, die Zunahme der Stadtbevölkerung und beschleunigten damit auch die industrielle Produktion. Die Intensivierung der Landwirtschaft durch die Guano-Importe hatte jedoch durchaus auch Nachteile. So wurden althergebrachte Düngemittel wie tierische und menschliche Exkrememente für die Düngung überflüssig und mussten anderweitig entsorgt werden. Anstelle von Recycling trat Abfall. Die Intensivierung der Landwirtschaft mit den heute sichtbaren Folgen begann mit Guano.

Vom Abfall zum kostbaren Rohstoff: der Boom wiederholt sich – mit welchen Folgen?

Während in Peru im 19. Jahrhundert Phosphor in der Form von Guano einen ungeheuren Boom auslöste, erlebt die landwirtschaftliche Produktion der Industrieländer bis heute mithilfe der chemischen Industrie auf der Basis von Phosphat ebenfalls einen Boom. Bei der verzweifelten Suche nach Rohstoff für die Superphosphatindustrie wurden lange Zeit ignorierte Abfälle neu entdeckt. Eine Beschreibung der enormen Berge an Knochenresten und ihrer Verwertung in Südamerika aus dem Jahr 1911 gibt einen Eindruck:

Die Viehzucht ist so beträchtlich, dass auf jeden Kopf der ländlichen Bevölkerung in manchen Gegenden gegen 1000 Stück Großvieh kommen. Von den geschlachteten Tieren werden nur Hörner, Häute und Fett ausgeführt, das Fleisch wird nur zum geringsten Teile zur menschlichen Nahrung verwandt, der größte Teil verwest oder wird von Raubtieren verzehrt. Die Knochen werden getrocknet und dienen als Brennmaterial in der Haushaltung und beim Auskochen des Fettes, da anderes Brennmaterial dort fast nicht vorhanden

66 Bielecke 1934, S. 33 und Hth 1863

67 Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz 2009

68 Congress of the United States 1856

ist. So haben sich in der Nähe der Wohnungen seit 100 bis 200 Jahren ganze Berge von Knochenasche angehäuft, die vor kurzem noch für die Bauern wertlos waren. Seitdem nun aber der Düngerverbrauch ein so bedeutender geworden ist, hat man auch den Wert dieser Aschenhaufen schätzen gelernt. Sie werden von den Landleuten bei Verladung von Segelschiffen auf Wagen nach den Häfen geschafft und als Ballast verpackt. Da diese Asche mehr oder weniger pulverig ist, können mit ihr zusammen auch die sonst sperrigen Knochen nach Europa verschifft werden. Durch die große Nachfrage der Düngerfabrikanten nach diesem vorzüglichen Rohmaterial ist es jedoch fast vollständig vom Markt verschwunden, da man jetzt in der Regel eine bessere Verwertung für die Knochen hat, als sie zu verbrennen.⁶⁹

Die Produktion von Düngemitteln ist nicht die einzige Einsatzmöglichkeit für Phosphat. Auch als Tierfutter und Backtriebmittel, in Geschirrspülmitteln, Waschmitteln, Glas, Zahnzement, Farben, Zement, Getränken, Lebensmittelzusätzen und Akkus findet Phosphat Verwendung. Weitere Einsatzgebiete sind die industrielle Reinigung von Textilien, Inkrustierung von radioaktiven Abfällen, Drillbohrungen nach Öl und Gas, die Behandlung von Baumwolle, Wolle und Seide, Photographie, Flammschutz, Metallbearbeitung, nicht zu vergessen natürlich die Produktion von Pestiziden, Kampfgasen und Sprengstoff.

Die Entwicklung, die Alexander von Humboldt ausgelöst hat, dauert an. Viele der oben beschriebenen Entwicklungen mögen heute auf den ersten Blick verschwunden sein, bei genauerer Betrachtung hat sich jedoch nicht allzu viel geändert. Die Boomphasen der Rohstoffe zur Herstellung von Phosphatprodukten wiederholen sich. Der erste Boom wurde durch die Entwicklung von Streichhölzern ausgelöst. Der zweite Boom durch den Import von Guano durch Alexander von Humboldt und die darauf folgende Entdeckung der außerordentlichen Düngewirkung von Guano. Die Rohstoffe für Phosphat waren während der beiden Weltkriege hoch begehrt und nicht nur für die Waffenproduktion, sondern auch als Druckmittel einsetzbar. Die Gegner Deutschlands versuchten daher, Deutschland vom Rohstoffnachschub für Ernährung und Waffenproduktion abzuriegeln. Der dritte Boom begann in den 1950er Jahren. Nach dem Zweiten Weltkrieg waren die Sprengstofffabriken in den USA nicht mehr ausgelastet. Zur Aufrechterhaltung der Düngemittelproduktion wurde in den USA die Ausdehnung des Maisanbaus und anderer Nutzpflanzen mit hohem Nährstoffbedarf mit Subventionen gefördert.⁷⁰

Gleichzeitig geht insbesondere seit Mitte des 20. Jahrhunderts mit dieser Entwicklung auch immer eine enorme Verschwendung einher. Dana Cordell schätzt, dass gegenwärtig 80 % des in Minen abgebauten Phosphors wegen erheblicher Ineffizienz in dem gesamten System von Produktion und Konsum niemals in den Lebensmitteln ankommen. Die Verschwendung beginnt bereits bei Abbau, Aufbereitung und Transport, setzt sich fort in der Düngenanwendung, der Lebensmittelverarbeitung und dem Einzelhandel und endet in den Küchen und beim Verzehr, wo ein Großteil weggeworfen wird.⁷¹ 8,5-9,5 Millionen Tonnen Phosphor landen jährlich in den Ozeanen, das 8-fache der natürlichen Rate.⁷² Die Produktion der Minen, vom geologischen

69 Rümpler 1911, S. 60

70 Pollan 2006, S. 41

71 Cordell 2010, S. 117

72 Rockström et al. 2009

Dienst der USA, USGS, statistisch erfasst, beträgt nun jährlich ca. 220 Mio. t Phosphat (P_2O_5), davon annähernd die Hälfte in China vorwiegend für den eigenen Bedarf.⁷³

In der Politik wird die Bedeutung von Phosphor nur von wenigen Akteuren erkannt. Römische Senatoren und auch die Gründungsväter der USA besaßen häufig Landgüter und verfügten über Basiswissen in Bezug auf landwirtschaftliche Produktionsmethoden. Moderne städtische Bevölkerung und auch viele Politiker halten die stabile Versorgung mit Nahrungsmitteln für selbstverständlich. Wie Präsident Fillmore im 19. Jahrhundert erkannte auch der amerikanische Präsident Roosevelt die Bedeutung von Phosphor für die Landwirtschaft und die Bevölkerung seines Landes im Jahr 1938:

The phosphorus content of our land, following generations of cultivation, has greatly diminished. It needs replenishing. I cannot over-emphasize the importance of phosphorus not only to agriculture and soil conservation but also the physical health and economic security of the people of the nation. Many of our soil deposits are deficient in phosphorus, thus causing low yield and poor quality of crops and pastures...⁷⁴

Von deutschen Politikern sind vergleichbare Aussagen nicht bekannt.

Erstaunlich ist der Optimismus, der im Zusammenhang mit Phosphat immer wieder verbreitet wird. Schon Viktor von Scheffel konnte ein Lied davon singen. 1911 hielt mancher die Frage des Düngemittelnachschubs für endgültig gelöst. So konnte man lesen: „Angesichts dieses Überflusses an käuflichen Düngestoffen ist die Frage nach einem Ersatz des Peru-Guanos, welche in früheren Jahren so manchem Freunde der Landwirtschaft den Blick in die Zukunft trübte, als gelöst zu betrachten.“⁷⁵ Im Grunde folgte die Entwicklung bislang immer wieder dem gleichen Muster: Entdeckung – Boom – Mangel – Absturz oder Entdeckung neuer Ressourcen. Auch heute gibt es in Bezug auf die globalen Phosphatvorräte durchaus optimistische Einschätzungen, zum Beispiel auf Lagerstätten in der Tiefsee. Recycling gilt vielen als die ganz große Lösung, was jedoch keineswegs sicher ist.⁷⁶ Die Daten von USGS, der einzigen zuverlässigen Quelle für die globale Phosphatstatistik, sind zum Teil geschätzt und basieren auf den Daten der Bergbauunternehmen und anderen Interessensvertretern. Exakte Daten werden selten veröffentlicht bzw. nur mit Verzögerung von einigen Jahren verfügbar gemacht. Daher ist die Beurteilung der Versorgungslage mit Phosphat unsicher.

Folgen der Globalisierung

Der Anteil der Weltbevölkerung, der nur durch den hohen Verbrauch an Düngemitteln ernährt werden kann, beträgt geschätzt bis zu 48 %.⁷⁷ Die gesamte Weltbevölkerung mit mehr als 7 Milliarden Menschen konkurriert gegenwärtig um die Phosphatvorräte, die sich in wenigen Ländern konzentrieren. Bevölkerungsreiche Länder wie Indien, Indonesien und auch die Europäische Union mit 500 Millionen Einwohnern haben keinerlei Lagerstätten von Bedeutung und sind

73 United States Geological Survey/USGS, 2015

74 Roosevelt 1938

75 Rümpler 1911, S. 180

76 Edixhoven et al. 2013

77 Voß et al. 2011

vollständig auf Importe angewiesen. Die möglicherweise im Lauf des Jahrhunderts zu Ende gehenden Vorräte in den Lagerstätten führen bereits seit einigen Jahrzehnten – kaum bemerkt von der Öffentlichkeit – zu der Entwicklung von Monopolen insbesondere von Marokko und zur Sicherung des Nachschubs durch Verträge zum Beispiel der USA mit Marokko. Schon im Jahr 1909 erließen die USA, die damals noch selbst über umfangreiche Phosphatvorräte verfügten, Ausfuhrbeschränkungen für Phosphat.⁷⁸ China, das über größere Vorräte verfügt, hat Ausfuhrbeschränkungen für Rohphosphat erlassen und exportiert nur noch industriell aufbereitete Düngemittel. Marokko, das die mit Abstand größten Vorräte höchster Qualität besitzt – 50 Mrd. t von insgesamt geschätzten 67 Mrd. t P_2O_5 – regiert den Markt für Phosphat, das an keiner Börse gehandelt wird. Abbau und Verarbeitung von Phosphat sind zwar technisch weit entwickelt, die Arbeit in den Lagerstätten, die in meist sehr trockenen und abgelegenen Orten liegen, ist ökologisch und sozial problematisch. Der biologische Boom von Organismen, die Stickstoff und Phosphat im Überschuss konsumieren können, hat zur flächendeckenden Eutrophierung von Gewässern (Flüssen, Seen und Meeresgebieten) überall auf der Welt beigetragen. Über 400 Gebiete am Rand der Ozeane sind heutzutage in dieser Entwicklung so weit fortgeschritten, dass man sie als anoxisch, also praktisch sauerstofffrei, bezeichnet.⁷⁹

Alexander von Humboldt im Kontext von Nachhaltigkeit und Globalisierung

Mit dem Beginn des Ackerbaus vor 11.000 Jahren im Nahen Osten wurde eine Entwicklung initiiert, die bis heute ausgehend vom Grabstockackerbau auf kleinen Arealen auf annähernd 49 Millionen km² und damit 9,6 % der Erdoberfläche mit zum großen Teil technisch rationalisiertem Anbau ausgedehnt wurde. Verarmung der Böden an Nährstoffen und die Zunahme der globalen Bevölkerung lösten Wanderungsbewegungen aus. Eine Konsequenz ist die großflächige Entwaldung der Erdoberfläche. Aus lokalen, kleinflächigen Auswirkungen wurden über die Jahrhunderte regionale und in der Gegenwart irreversible, ins Ungewisse führende anthropogene Umweltveränderungen. Einhergehend mit dieser Entwicklung hat sich der Blick auf die Natur stark verändert. Die Zweckmäßigkeit und Schönheit in den allerkleinsten Dingen wie in den größten Zusammenhängen von Natur und Kosmos galten einst als Hinweis auf eine ordnende Kraft. Diese konnte nur göttlichen Ursprungs sein. Begriffe wie „Vorsehung“ und „Fürsorge“ beschrieben das Verhältnis zwischen Mensch und Natur. Franz von Assisi rief im Jahr 1224/1225 in seinem Sonnengesang die Menschen zum Lobpreis Gottes in allen seinen Geschöpfen auf. Um das Jahr 1600 veränderte sich ausgehend von Großbritannien die Perspektive auf die Natur. In den Jahren 1530 bis 1650 verdoppelte sich die Bevölkerung, was zur Ausdehnung der Ackerflächen und verstärkter Entwaldung führte. Zur Schonung der Wälder griff man auf die Nutzung fossiler Brennstoffe zurück. Im Jahr 1650 wurden 50 % des Energiebedarfs aus fossilen Quellen, insbesondere Steinkohle, gedeckt. So wollte man die „Lücke“ überbrücken, bis der Übergang zu einem nachhaltigen Umgang mit Holz gelungen wäre. Dass man mit „Brückentechnologie“ eine „Energienlücke“ schließen möchte, kommt uns heutzutage bekannt vor.⁸⁰ Aus „Gaben Gottes“ wurden nun „Ressourcen“. Begriffe wie „emissions“, „pollute“ und „contaminante“ kamen auf, denn die Entwicklung hatte ungeahnte Konsequenzen.

78 Rümpler 2011, S. 49

79 Sutton et al. 2013 und Diaz/Rosenberg 2008

80 Grober 2013, S. 183

Die Verfügungsgewalt über energetische Ressourcen war – und ist – immer eine Frage der Macht. Aus Sorge um die Wälder bzw. den Nachschub an Holz wurden in Großbritannien, Frankreich und Deutschland Überlegungen zum Erhalt der Wälder angestellt. In Deutschland schrieb der Leiter des Oberbergamtes in Freiberg das Buch „Sylvicultura oeconomica“ in Zeiten einer Energiekrise, der „Holznot“:

Wird derhalben die größte Kunst/Wissenschaft/Fleiß und Einrichtung hiesiger Lande darinnen beruhen / wie eine sothane Conservation und Anbau des Holtzes anzustellen / daß es eine continuierliche beständige und nachhaltige Nutzung gebe / weil es eine unentberliche Sache ist / ohne welche das Land in seinem Esse nicht bleiben mag.⁸¹

Hans Carl von Carlowitz gilt aufgrund dieses Satzes als Schöpfer des Begriffs „Nachhaltigkeit“. Er forderte dazu auf, mit der Natur und ihren Rohstoffen respektvoll und „pflöglich“ umzugehen im Interesse des Landes. Auch die Insekten des Forstes wurden bald in „Nützlinge“ und „Schädlinge“ unterteilt. So wurde Schritt für Schritt aus der „Natur“ des Schöpfers, der man sich unterordnete, ein Objekt, das man für die Bedürfnisse der Gesellschaft bzw. der Machthaber bewusst nutzte, pflegte und unterordnete. Die Wissenschaftler Fourcroy und Vauquelin, die die von Alexander von Humboldt aus Peru importierten Guanoproben untersuchten, schrieben in ihrer Veröffentlichung im Jahr 1806 noch voll Ehrfurcht über die Naturphänomene: „Alles was sich an die Kraft der Natur anlehnt ist in gleicher Weise bewundernswert oder unverständlich, bis die vielen Beobachtungen zu einer Lösung des Problems führen.“⁸² Humboldt selbst stellte in diesem Sinne Überlegungen zur Herkunft von Guano an, zog Parallelen zu der Entstehung von Steinkohle, schrieb: „Ich wage keine bestimmte Meinung darüber zu äußern.“ und machte sich Gedanken über die Bevölkerung an der Küste von Peru: „Was aber wird aus dem Peruanischen Ackerbau, was aus der Bevölkerung der Küste werden, wenn die Guano-Inseln erschöpft sind?“ Bereits hier zeigt sich die Ambivalenz der Faszination bei der Aneignung von Kenntnissen über die Natur einerseits und den Überlegungen zu den Konsequenzen dieser Erkenntnisse andererseits. Humboldt beschreibt das strikte Guano-Regime unter den Inkas um dann resigniert anzumerken: „Alle diese schöne Ordnung ist umgestürzt. Man gräbt jetzt zu jeder Jahreszeit.“⁸³ Er erkannte den Raubbau und ahnte die Folgen zumindest für die lokale Bevölkerung.

Die Forschungen und Erkenntnisse Humboldts wurden zur Grundlage für die wirtschaftliche Entwicklung moderner Industriegesellschaften mit rücksichtsloser Nutzung einer Natur, die einzig als Ressource begriffen wird. Mitte des 20. Jahrhunderts entstand eine Gegenbewegung in der zunehmenden Erkenntnis der anthropogenen Veränderungen auf der Erde. Rachel Carson veröffentlichte das Buch „Silent Spring“ im Jahr 1968, 1970 fand der erste Earth Day statt und der Club of Rome publizierte 1972 „The Limits to Growth“.⁸⁴ Nur 15 Jahre später, 1987, stellt der Brundtland-Bericht der Vereinten Nationen mit Erschrecken fest:

Over the course of this century, the relationship between the human world and the planet that sustains it has undergone a profound change. When the century began, neither human numbers nor technology had the power radically to alter planetary systems. As

81 Carlowitz 1713, S. 105

82 Fourcroy/Vauquelin, 1806

83 Humboldt 1807

84 Meadows et al. 1972

the century closes, not only do vastly increased human numbers and their activities have that power, but major, unintended changes are occurring in the atmosphere, in soils, in waters, among plants and animals, and in the relationships among all of these. The rate of change is outstripping the ability of scientific disciplines and our current capabilities to assess and advise. It is frustrating the attempts of political and economic institutions, which evolved in a different, more fragmented world, to adapt and cope. It deeply worries many people who are seeking ways to place those concerns on the political agendas.⁸⁵

Welch ein Gegensatz zu dem erstaunten Ausruf von Fourcroy und Vauquelin!

Das Global Footprint Network brachte am 19. Dezember 1987 mit dem ersten Earth Overshoot Day, also dem Tag, an dem die Nachfrage der Weltbevölkerung an natürlichen Ressourcen die Kapazität der Erde zur Reproduktion dieser Ressourcen übersteigt, die Konsequenzen menschlichen Handelns ins Bewusstsein. 2015 lag dieser Tag bereits am 13. August.⁸⁶ Die Begriffe „Nachhaltigkeit“ und „Globalisierung“ verlieren gegenwärtig an Kontur und erfahren Beliebtheit und Banalisierung ebenso wie „Ökologie“, „Natur“ und „Umwelt“, beispielsweise in der Werbung. Ottmar Ette beschreibt in seinem Buch „Alexander von Humboldt und die Globalisierung“ ausführlich, wie sehr sich Alexander von Humboldt mit dem Einfluss der Menschheit auf seine Umwelt auseinandersetzt.

Das Denken der Globalität aus dem Geiste der Globalisierung ermöglichte Humboldt ein Verständnis des Systems Erde: von den Tiefen der Meere bis auf die höchsten Gipfel der Anden, von den weltweiten Meeres- und Luftströmungen über die von ihm beobachteten und prognostizierten Klimaveränderungen oder Pflanzenmigrationen bis hin zu weltwirtschaftlichen Strömen von Edelmetallen oder Fragen nach dem Zusammenleben der Völker und Kulturen. Er konstatierte, dass die vom Menschen ausgelösten klimatischen 'Veränderungen zweifellos wichtiger' seien 'als man dies gemeinhin annimmt'. Denn längst habe der Mensch – wenn auch anfänglich kaum merklich – in die Wechselwirkungen der Natur eingegriffen, indem er die Wälder abholzt, indem er die Verteilung des Wassers verändert, indem er in den Zentren der industriellen Kultur große Massen an Wasserdampf und gashaltige Substanzen in die Atmosphäre abgibt.⁸⁷

Alexander von Humboldt hat mit seinem Ansatz, Natur nicht nur in Segmenten zu untersuchen und zu verstehen, sondern Zusammenhänge zu erkennen und in einen globalen Kontext zu setzen, das moderne Verständnis von „Natur“ und „Umwelt“ initiiert. Sein Wissenschaftsverständnis war von einer transdisziplinären Ausrichtung geprägt, weil er „die unterschiedlichsten Bereiche der Wissenschaft unter Rückgriff auf und mithilfe von Spezialisten zu queren und damit die verschiedenartigsten Wissensgebiete und fächerspezifischen Logiken miteinander zu vernetzen trachtete“.⁸⁸

Er baute ein globales Korrespondentennetz auf, ein „weltweit gespanntes Gewebe des Wissens- und Informationsaustauschs, das mit insgesamt 30.000-35.000 Briefen einen interkontinentalen und disziplinenübergreifenden Wissenstransfer in Gang brachte“, sozusagen sein ei-

85 Brundtland et al.1987, S. 14

86 Global Footprint Network 2015

87 Ette 2009, S. 382

88 Ette 2009, S. 17

genes Internet, das ihm gestattete, regionale Wissensbestände und disziplinär spezialisiertes Wissen mit seinen eigenen Forschungen zu verknüpfen.⁸⁹

Das Verdienst von Alexander von Humboldt liegt insbesondere in der Tatsache, dass er war, was man heute als einen „begründeten Netzwerker“ bezeichnen würde, und in der Wissenschaft über großes Renommee verfügte. Was hätte eine Guanoprobe in seinem Gepäck genützt, wenn er nicht Kontakt zu den Chemikern Antoine François Fourcroy und Nicolas Louis Vauquelin in Paris und Martin Heinrich Klaproth in Berlin gehabt hätte? Alexander von Humboldt brachte Justus Liebig mit dem französischen Chemiker und Physiker Joseph Louis Gay-Lussac in Paris in Kontakt, wo Liebig seine Laufbahn begann.⁹⁰ Liebig hätte möglicherweise erst später von Guano erfahren und sein bahnbrechendes Buch wäre nicht im Jahr 1840 erschienen.⁹¹ Sicherlich hatten manche Europäer vor Humboldt von den außerordentlichen Erträgen in der Landwirtschaft in Peru gehört oder diese selbst gesehen. Diese Erkenntnisse hatten jedoch keine Konsequenzen. Erst das Wissen und Verständnis Alexander von Humboldts über die Zusammenhänge in der Natur und sein Netzwerk lösten die Initialzündung für die anschließende Entwicklung aus, die bis heute anhält.

„Niemand kann vergangene Zustände wieder herstellen: Natürliche Prozesse laufen unaufhaltsam ab, Artenzusammensetzungen verändern sich beständig. Boden wird gebildet und erodiert. Die Natur kehrt nie mehr in ein früheres Stadium zurück.“⁹² Dass er selbst bei seiner Rückkehr aus Peru mit einem unscheinbaren Teil seines Gepäcks ganz entscheidend dazu beitragen würde, den Bevölkerungsanstieg, die globale Abholzung, die Ausbreitung der Landwirtschaft und deren Folgen zu beschleunigen, konnte Alexander von Humboldt nicht ahnen. Sein Wunsch, Südamerika und andere Regionen der Erde zu erforschen, hat sich erfüllt. Seine Idee der sinnvollen Nutzung der Natur und ihrer Bewahrung hat sich jedoch nicht bewahrheitet.

Literaturliste

Anonymus: Hints to Farmers on the Nature, Purchase, and Application of Peruvian, Bolivian, & African Guano; with a Series of Authenticated Experiments proving it to be a Most Potent Manure. 4th Edition. London 1845

Anonymus: The Agricultural History of Seychelles. Stand 16.1.2013. Online verfügbar unter <www.virtual-seychelles.sc>

Ashley, Ken; Cordell, Dana; Mavinic, D.: A brief history of phosphorus: From the philosopher's stone to nutrient recovery and reuse. *Chemosphere*, 84, 2011, S. 737-746

Beck, Ulrich: Weltrisikogesellschaft, Frankfurt am Main 2008

Bergmann, Adolf Heinrich August: Düngerlehre. Leipzig 1850

Bielecke, Hermann: Die Geschichte der künstlichen Düngung und der Kunstdüngerversorgung. Inauguraldissertation Friedlich-Wilhelms-Universität Berlin, 1934

89 Ette 2009, S. 17

90 Ette 2009, S. 20

91 Liebig 1840

92 Winiwarter/Bork 2014, S. 58

- Brundtland, Gro Harlem et al.: Our Common Future/Brundtland Report United Nations World Commission on Environment and Development, 1987. Online verfügbar unter <http://www.un-documents.net/our-common-future.pdf>
- Bundesministerium der Justiz und für Verbraucherschutz: Düngegesetz, Berlin 2009. Online verfügbar unter http://www.gesetze-im-internet.de/d_ngg/index.html
- Carlowitz, Hans Carl von: Sylvicultura Oeconomica, Leipzig 1713
- Clayton, Lawrence A.: Chinese indentured labour in Peru. *History today*, 30, 1980, Nr.6, S. 19-23
- Congress of the United States: Guano Islands Act, 11 Stat. 119, enacted 18 August 1856, codified at 48 U.S.C. ch. 8 §§ 1411-1419. Online verfügbar unter <https://www.law.cornell.edu/uscode/text/48/chapter-8>
- Cordell, Dana: The Story of Phosphorus. Sustainability implications of global phosphorus scarcity for food security. Thesis. Linköping Studies in Arts and Science No. 509. Department of Water and Environmental Studies. Linköping University. Linköping 2010. Online verfügbar unter http://www.sswm.info/sites/default/files/reference_attachments/CORDELL%202010%20The%20Story%20of%20Phosphorus.pdf
- Cordell, Dana u. Stuart White: Life's Bottleneck: Sustaining the World's Phosphorus for a Food Secure Future. *Annual Review of Environment and Resources*, 39, 2014, S. 161-188
- Cushman, Gregory T.: Guano and the Opening of the Pacific World. Cambridge, 2013
- Diaz, Robert J. u. Rutger Rosenberg; Spreading Dead Zones and Consequences for Marine Ecosystems. *Science* 321 (No. 5891) 2008, S. 926-929
- Edixhoven, Joost. D.; Gupta, J.; Savenije, H.H.G.: Recent revisions of phosphate rock reserves and resources: reassuring or misleading? An in-depth literature review of global estimates of phosphate rock reserves and resources. *Earth System Dynamics Discussion*, 4, 2013, S. 1005-1034
- Ette, Ottmar: Alexander von Humboldt und die Globalisierung. *Das Mobile des Wissens*. Frankfurt, 2009, S. 382
- Fourcroy, Antoine François u. Vauquelin, Nicolas Louis: Sur le guano, ou sur l'engrais naturel des îlots de la mer du sud, près des côtes du Pérou. *Mémoires de l'Institut des Sciences, Lettres et Arts. Sciences mathématiques*, 7, 1806, S. 369-381
- Gilmore, Rodney: Phosphoric Acid. Purification, Uses, Technology, and Economics. Boca Raton, 2014, S. 4
- Global Footprint Network. Online verfügbar unter www.footprintnetwork.org/de/
- Gootenberg, Paul: Between Silver and Guano: Commercial Policy and the State in Postindependence Peru. Princeton 1989
- Gootenberg, Paul: Imagining Development. Economic Ideas in Peru's "Fictitious Prosperity" of Guano, 1840-1880. Berkeley 1993
- Grober, Ulrich: Die Entdeckung der Nachhaltigkeit. Kulturgeschichte eines Begriffs. München 2013
- Hager, Hermann (Hrsg.): Handbuch der pharmaceutischen Praxis. 2. Auflage, bericht. Neudr. 1938, S. 58-62
- Haushofer, Heinz: Die deutsche Landwirtschaft im technischen Zeitalter. 2., verbesserte Auflage, Stuttgart 1972
- Hollett, David: More Precious than Gold. The Story of the Peruvian Guano Trade. Cranbury 2008
- Hth, G.: Der Guano und seine Fundorte. *Die Gartenlaube*, 1863, S. 261

- Humboldt, Alexander von: Chemische Untersuchung des Guano, aus den Inseln der Peruanischen Küste (S. 299-313) als Einschub auf den Seiten 301-306 in: Klaproth, Martin Heinrich: Beiträge zur Chemischen Kenntnis der Mineralkörper, Band 4, Posen 1807, Kapitel CLV, S. 299–313
- Humboldt, Alexander von, zitiert in: Alexander von Humboldt – Samuel Heinrich Spiker: Briefwechsel. Brief Humboldt an Spiker am 5.3.1842. Herausgegeben von Ingo Schwarz unter Mitarbeit von Eberhard Knobloch, Beiträge zur Alexander-von-Humboldt-Forschung, Bd. 27, Berlin 2007, S. 174
- Alexander von Humboldt: Brief an Adolf Heinrich August Bergmann am 11. December 1850; zitiert in: Ingo Schwarz: Guano, Zahnseife und eine Jugendfreundschaft oder was man aus einem Brief von Alexander von Humboldts lernen kann. in: Kosmos und Zahl. Hartmut Hecht, Regina Mikosch, Ingo Schwarz, Harald Siebert, Romy Werther (Hrsg.), Stuttgart 2008, S. 239–245
- Kanter, Olaf: Kleckern und Klotzen: man muss kein Alchimist sein, um aus Mist Gold zu machen – vorausgesetzt, es handelt sich dabei um den von Möwe, Kormoran und Tölpel. In: Mare (Hamburg), Nr.53 (Dezember 2005), S. 72-80. Online verfügbar unter http://www.mare.de/index.php?article_id=1201&setCookie=1
- Keyzer, Michiel: Towards a closed phosphorus cycle. De Economist, 158, 2010, S. 411–425
- King, Franklin Hiram: Farmers of forty centuries. Edited by J.P. Bruce. fourth impression, London 1949
- King, Richard J.: The devil's cormorant: A natural history. Lebanon 2013
- Kinsley, Lesley: Dynamic Dung: Peru's Guano Birds and the British Empire. Animal History Museum (ed.) 2015. Online verfügbar unter <http://animalhistorymuseum.org/exhibitsandevents/online-gallery/gallery-8-animals-and-empire/enter-gallery-8/ii-the-animal-resource/guano-birds>
- Klaproth, Martin Heinrich: Beiträge zur Chemischen Kenntnis der Mineralkörper, Band 4, Posen 1807, Kapitel CLV, S. 299-313
- Kolb, Frank: Geschichte der Stadt in der Antike. München 2002
- Lawrence, Jeff: A History of the Peruvian Guano Industry. 2014. Online verfügbar unter <https://yaffle53.wordpress.com/2014/05/22/a-history-of-the-peruvian-guano-industry>
- Liebig, Justus: Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie, Braunschweig 1840
- Malthus, Thomas Robert: An Essay on the Principle of Population. London 1798
- Mathew, William M.: Peru and the British Guano Market 1840–1870. The Economic History Review, 23, 1980, Nr. 1, S. 112–128
- Meadows, Donella H., Meadows, D.L., Randers, J., Behrens III, W.W.: The Limits to Growth: A report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind. New York 1972
- Meagher, Arnold J. und Meagher, Arnold J. PhD: The Coolie Trade. Xlibris Corp., 2008
- Meyer-Odedwald, Jens: Aufstieg und Fall der Hamburger Buddenbrooks. Hamburger Abendblatt, 6.4.2010
- Munita, Tomás; (Photos) Schulz, Roland (Text) u.: Die Insel der Qualen. Geo, Nr. 9, 2009, S. 28–50
- Olinger, John Peter: The Guano Age in Peru. History today, 30, 1980, Nr. 6
- Peck, George Washington: From the Chincha Islands. New York Times, 10 November, 1853 und January 7, 1854
- Pollan, Michael: The Omnivore's Dilemma. New York 2006

- Stefan Richts (Regisseur) c: MedienKontor: Guano: Schatzinseln und Vogeldreck. 360° Geo Reportage, ARTE, 27. 6. 2015
- Riechmann, Daniela: Auftriebsgebiete der Ozeane: Alles Gute kommt von unten. scinexx.de Das Wissensmagazin, 14.7.2003. Online verfügbar unter <http://www.scinexx.mobi/dossier-153-1.html>
- Rockström, Johan et al.: A safe operating space for humanity. Nature, 461, 2009, S. 472-475
- Roosevelt, Franklin D: Message to Congress on Phosphates for Soil Fertility. May 20, 1938. Online by Gerhard Peters and John T. Woolley, The American Presidency Project. Online verfügbar unter <http://www.presidency.ucsb.edu/ws/?pid=15643>
- Rümppler, Alwin: Die käuflichen Düngestoffe, ihre Zusammensetzung, Gewinnung und Anwendung. Fünfte Auflage. Berlin 1911
- Scheffel, Joseph Victor von: Guanolied. 1854, S. 629. Online verfügbar unter https://de.wikisource.org/wiki/Allgemeines_Deutsches_Kommersbuch:315
- Skaggs, Jimmy M.: The Great Guano Rush: Entrepreneurs and American Overseas Expansion. Houndsmills 1994
- Sutton, Mark A. et al.: Our Nutrient World – The challenge to produce more food and energy with less pollution. Global Overview of Nutrient Management. Centre for Ecology and Hydrology, Edinburgh on behalf of the Global Partnership on Nutrient Management and the International Nitrogen Initiative. 2013, S. 28
- United States Geological Survey/USGS, 2015. Online verfügbar unter http://minerals.usgs.gov/minerals/pubs/commodity/phosphate_rock/mcs-2015-phosp.pdf
- Vega, Garcilaso de la (El Inca): Wahrhaftige Kommentare zum Reich der Inka. Lissabon 1609 und Berlin (DDR) 1983. Übersetzung: Wilhelm Plackmeyer.
- Verein deutscher Düngerfabrikanten (Hrsg.): 100 Jahre Superphosphat, 75 Jahre VDDF. Hamburg 1955
- Maren Voß, Frederike Korth, Joachim Dippner: Fluch und Segen der Stickstoffdüngung. Amber Stakeholder Konferenz am 14.12.2011 im Leibniz-Institut für Ostseeforschung Warnemünde
- Wimmer, Dorothee u. Faye Holzwarth: Guano als Stickstoffquelle. Eine Ausstellung des Wissenschaftszentrums Umwelt der Universität Augsburg und des Carl Bosch Museums Heidelberg 2013. Online verfügbar unter <www.stickstoffausstellung.de>
- Winiwarter, Verena u. Hans-Rudolf Bork: Umweltgeschichte: Ein Plädoyer für Rücksicht und Weitsicht. Wien 2014
- Daten zu Guano-Importen: Online verfügbar unter <https://de.wikipedia.org/wiki/Guano>