ALPEN-ADRIA UNIVERSITÄT
KLAGENFURT I WIEN GRAZ
iff social ecology vienna

SOCIAL ECOLOGY WORKING PAPER 153

Iris Mayrhofer

Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914)

ISSN 1726-3816

Februar 2014

Iris, Mayrhofer, 2014:

Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914)

Social Ecology Working Paper 153
Vienna, February 2014

ISSN 1726-3816

Institute of Social Ecology
IFF - Faculty for Interdisciplinary Studies (Klagenfurt, Graz, Vienna)
Alpen-Adria-Universitaet
Schottenfeldgasse 29
A-1070 Vienna

www.aau.at/socec
workingpaper@aau.at

© 2014 by IFF – Social Ecology

Iris Mayrhofer

Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848–1914)

MASTERARBEIT
zur Erlangung des akademischen Grades
Magistra der Sozial- und Wirtschaftswissenschaften

Masterstudium Sozial- und Humanökologie

Alpen-Adria-Universität Klagenfurt
Fakultät für Interdisziplinäre Forschung und Fortbildung

Begutachter: Univ.-Prof. Mag. Dr. Fridolin Krausmann
Institut für Soziale Ökologie

Februar 2014

Zusammenfassung

Die vorliegende Masterarbeit setzt sich mit der Einführung von mineralischen Düngern im Zeitraum 1848–1914 in Österreich-Ungarn auseinander. Eine quantitative Rekonstruktion für die Bewegungen von Import, inländischer Produktion und landwirtschaftlichem Verbrauch wurde mittels zeitgenössischer Quellen für die marktdominierenden Mineraldünger Guano, Chilesalpeter, Kalisalze, Superphosphat und Thomasmehl vorgenommen. Die Ergebnisse dieser Erhebung lassen darauf schließen, dass der Verbrauch bis in die Mitte der 1880er verhältnismäßig gering war. Ab diesem Zeitpunkt ist jedoch eine massive Steigerung in Import, lokaler Produktion sowie letztlich dem Verbrauch zu beobachten, die bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs anhielt.

Die Verwendung von Mineraldüngern erfolgte vor allem in Form der phosphorhaltigen Produkte Superphosphat und Thomasmehl. Gewinnorientierte große Landwirtschaftsbetriebe und die Regionen, in denen sie geballt vorzufinden waren, bildeten den primären Absatzmarkt. Für die gesamten landwirtschaftlichen Nährstoffflüsse Österreich-Ungarns spielten die Mineraldünger quantitativ betrachtet gegenüber biogenen Ressourcen im Untersuchungszeitraum allerdings eine untergeordnete Rolle. Aus einer sozialökologischen Perspektive sind Mineraldünger für die im 19. Jahrhunderte in Österreich-Ungarn beginnende Transition von einer Agrar- hin zu einer Industriegesellschaft ein integraler Bestandteil für die Rationalisierung der landwirtschaftlichen Produktionsweise.

Summary

This paper deals with the introduction of mineral fertilizers in the Austro-Hungarian Empire during the period of 1848 – 1914. Using contemporary statistics it is possible to reconstruct the quantitative movements in imports, local production and agricultural application. The focus lies on analyzing the market dominating products which were guano, Chile salpeter, potash salts, superphosphate and Thomas slag. The results of this examination suggest that the use of mineral fertilizers remained relatively low until the mid 1880ies. From this point on, until the beginning of World War I massive increases in imports, local production and lastly in the agricultural consumption can be observed.

The utilization of mineral fertilizers was mainly based on the use of the phosphor containing products such as superphosphate and Thomas slag. Profit-oriented large farms and the regions where they concentrated, constituted the primary key market. Considering the sum of nutrient flows in the Austro-Hungarian agriculture, mineral fertilizers played a minor role in comparison to biogenic nutrient resources. In a socio-ecological perspective mineral fertilizers are a constitutive element for the rationalization of the agricultural production. This rationalization should be seen as part of the transition from an agricultural to an industrial society, which begun in Austro-Hungarian empire during the 19th century.

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis 5

Tabellenverzeichnis 7

Vorwort 8

1 Einleitung 9

2 Grundlagen der Pflanzenernährung und Düngung 14

2.1 Düngemittel und Bodenfruchtbarkeit 14

2.1.1 Traditionelle Vorstellungen von Düngung 15

2.1.2 Die Anfänge der modernen Agrarwissenschaften 16

2.2 Die untersuchten Mineraldünger 17

2.2.1 Guano 18

2.2.2 Chilesalpeter 19

2.2.3 Superphosphat 22

2.2.4 Kalisalze 24

2.2.5 Thomasmehl 25

2.2.6 Charakteristika der untersuchten Mineraldünger 27

3 Landwirtschaftliche Situation in Österreich-Ungarn 28

3.1 Agrarstruktur Österreich-Ungarns 28

3.2 Innovationen in der Landwirtschaft 29

3.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen 32

4 Verfügbarkeit von Mineraldüngern in Österreich-Ungarn 34

4.1 Quellenmaterial und methodische Vorgehensweise 34

4.2 Ergebnisse zu den Importen 36

4.2.1 Chilesalpeter 37

4.2.2 Kalisalze 38

4.2.3 Superphosphat ... 40
4.2.4 Thomasmehl ... 42
4.2.5 Charakteristika der Importe ... 43
4.3 Ergebnisse zu der inländischen Produktion ... 44
4.3.1 Kalisalze ... 44
4.3.2 Superphosphat ... 46
4.3.3 Thomasmehl ... 48
4.3.4 Charakteristika der inländischen Produktion ... 49
4.4 Ergebnisse zu der landwirtschaftlichen Anwendung ... 51
4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse ... 59
5 Kontextualisierung ... 62
5.1 Erklärung des Anstiegs in den 1880er Jahren ... 62
5.2 Fördernde Faktoren ... 63
5.2.1 Rationalisierte Großbetriebe ... 63
5.2.2 Landwirtschaftliche Bildungseinrichtungen und Publikationen ... 65
5.3 Limitierende Faktoren ... 67
5.3.1 Erweiterung der Anbauflächen ... 67
5.3.2 Nährstoffeinträge durch hofeigene Ressourcen ... 69
5.3.3 Düngerprodukte aus industriellen Abfällen ... 70
5.3.4 Produktions- und Transportkosten ... 71
5.4 Zusammenfassung der Einflussfaktoren ... 72
6 Conclusio ... 74
7 Literaturverzeichnis ... 78

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 – Die Kronländer Österreich-Ungarns (Stand 1867) [Quelle: Austria Forum 2014] 13
Abbildung 2 –Exporte von Chilesalpeter zwischen 1840 und 1940 [Quelle: Smil 2004, 47] 21
Abbildung 3 – Gesamtproduktion von Getreide, Kartoffel, Klee & Mengfutter und Zuckerrübe in der österreichischen Reichshälfte im Zeitraum 1840 – 1912 (Angaben in 1.000 Tonnen) [Quelle: Sandgruber 1978] 32
Abbildung 4 – Bevölkerungsentwicklung in Europa 1790 - 1914, indexierte Darstellung: 1790 = 100 [Quellen: Hoffmann 1965, Meyers 1983, Mitchell 1994, Sandgruber 1978] 33
Abbildung 5 – Import von Chilesalpeter in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen) 38
Abbildung 6 – Import Dungsalze (Kalisalze) in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen) 39
Abbildung 7 – Import von künstlichen Dungmitteln, Superphosphat und Thomasmehl in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen) 41
Abbildung 8 – Import von Superphosphaten in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1878-1914 (Angaben in Tonnen) 42
Abbildung 9 – Import von Thomasmehl in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen) 43
Abbildung 10 – Import mineralischer Düngerprodukte in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen) 44
Abbildung 11 – Produktion von Kalisalzen im Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen) 45
Abbildung 12 – Produktion von Superphosphaten im Zeitraum 1888-1914 (Angaben in Tonnen) 47
Abbildung 13 – Produktion von Thomasmehl im Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen) 49
Abbildung 14– Inländische Produktion von Kunstdüngern für den Zeitraum 1880–1914 (Angaben in Tonnen) 50

Abbildung 15 – Verfügbarkeit mineralischer Dünger in Österreich-Ungarn im Zeitraum 1848–1914 (Angaben in Tonnen) 51
Abbildung 16 – Entwicklung der mineralischen Dünger für den Zeitraum 1853 – 1914, Vergleich zwischen Import und lokaler Produktion (Angaben in Tonnen an Reinnährstoffen) 53
Abbildung 17 – Nährstoffeinträge durch die verfügbaren mineralischen Dünger aus inländischer Produktion und Import im Zeitraum 1848 – 1914 (Angaben in Tonnen) 54
Abbildung 18 – Nährstoffeinträge durch Mineraldünger für ackerbaulich genutzte Flächen (Angaben in kg pro ha) 55
Abbildung 19 – Nährstoffeinträge für die Ackerflächen von Großgrundbesitzen (> 50ha landwirtschaftliche genutzte Flächen, Angaben in kg pro ha) 56
Abbildung 20 – Nährstoffeinträge für Agrarflächen in Großgrundbesitzen Böhmens, Mährens, Schlesiens und Galiziens.Annahme: 60 % aller Mineraldünger wurden in diesen Gebieten eingebracht (Angaben in in kg pro ha) 57
Abbildung 21 - Entwicklung der Nährstoffeinträge durch mineralische Dünger (N, P_2O_5 und K_2O zusammen) für Österreich im Zeitraum 1920 – 1995 in kg/ha [Quelle: Krausmann 2012] 58
Abbildung 22 – Größenstruktur land- und forstwirtschaftlicher Betriebe in der österreichischen Reichshälfte im Jahr 1902 (Anteil an der Gesamtzahl an Betrieben in Prozent) [Quelle: Sandgruber 1978] 64

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 - Ackerflächen der österreichischen Kronländern in 1.000 ha [Quelle: Sandgruber 1978] 28
Tabelle 2 - Anteil der einzelnen Kronländer an der Getreideproduktion Österreich-Ungarns am Beginn des 20. Jahrhunderts. Angaben als Prozentanteil an der Gesamtproduktion [Quelle: Hoffmann 1978] 29
Tabelle 3 - Ertrag pro Hektar für Getreide 1789 bis 1913 nach Kronländern. Mittelwerte in 100 kg/ha [Quelle: Sandgruber 1978] 31
Tabelle 4 – Getroffene Annahmen zu den Nährstoffgehalten der untersuchten Mineraldünger 52
Tabelle 5 - Reinnährstoffeinträge durch Mineraldünger in Europa. Dargestellt im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen in Österreich-Ungarn für 1913 (Angaben in kg/ha) 59
Tabelle 6 - Prozentuelle Veränderungen in den Erträgen und Anbauflächen für Getreide zwischen 1876/85 und 1904/13, dargestellt für ausgewählte österreichische Kronländer [Quelle: Sandgruber 1978] 68
Tabelle 7 - Mittelwerte der Getreideerträge und -anbauflächen in absoluten Werten für 1904/13, dargestellt für ausgewählte österreichische Kronländer [Quelle: Sandgruber 1978] 68

Vorwort

Um den aktuellen Bedarf an Agrarprodukten in den Bereichen Nahrung, Futter, Faser und Treibstoff zu decken, werden in der industrialisierten Landwirtschaft große Mengen an mineralischen Düngemitteln eingesetzt. Allein in Österreich wurden im Jahr 2012 156.000 Tonnen Stickstoff, Kalium und Phosphat (Reinnährstoffe) aus mineralischen Düngemitteln in die landwirtschaftlichen Böden eingebracht (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2013). Mineraldünger steigern aber nicht nur die Erträge, sie können auch zu einer Reihe ökologischer Probleme führen, wie der Belastung des Grundwassers oder dem Eintrag von Schwermetallen. Darüber hinaus ist deren Erzeugung energie- und ressourcenintensiv, wobei teilweise begrenzt vorhandene Lagerstätten sukzessive ausgeschöpft werden. 2006 berichtete der US Geological Survey etwa, dass 18 Milliarden der weltweit vorhandenen 50 Milliarden Tonnen an Mineralphosphaten bis dato verbraucht wurden. Eine Erschöpfung der vorhandenen Reserven wird bei gleichbleibendem Verbrauch innerhalb der kommenden 105 bis 470 Jahre prognostiziert (Curtin 2008).

Vor dem Hintergrund eines zu erwartenden globalen Bevölkerungsanstiegs, der gleichzeitig zu einer massiven Bedarfssteigerung von Agrarprodukten führen wird, und einer im Sinne der nachhaltigen Entwicklung geforderten Ökologisierung der Landwirtschaft erscheint eine Auseinandersetzung mit der Geschichte der mineralischen Düngung als zeitgemäß. Eine historische Betrachtung dieses Themas soll aufzeigen, dass es sich bei dieser Technik zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit um ein vergleichsweise junges Phänomen handelt, welches erst im 19. Jahrhundert Eingang in die landwirtschaftliche Praxis fand. Wie die Einführung der Mineraldünger in Österreich-Ungarn zwischen 1848 und 1914 erfolgte, welche Rolle diese für die Nährstoffzufuhr auch im Vergleich zu anderen Praktiken zur Steigerung der Bodenfruchtbarkeit hatte und wie sich die Rezeption dieser neuen Dünger gestaltete, soll in der vorliegenden Arbeit näher betrachtet werden. Dadurch sollen auch die aktuellen Entwicklungen in einen historischen Kontext gestellt werden und Überlegungen zu Alternativen für den jetzigen Gebrauch von Mineraldüngern angeregt werden.

1 Einleitung

Die vorliegende Masterarbeit setzt sich mit der Einführung von mineralischen Düngern im Zeitraum 1848–1914 in Österreich-Ungarn auseinander. Fragen zur Erhaltung und Steigerung der Bodenfruchtbarkeit standen angesichts eines immensen europäischen Bevölkerungswachstums und einer dadurch bedingten Zunahme des Nahrungsbedarfes bei gleichzeitig stagnierenden Ernteerträgen im Zentrum der agrarwissenschaftlichen Forschung des frühen 19. Jahrhunderts. Mit Justus von Liebigs 1840 publizierter Mineralstofftheorie, nach welcher die Verfügbarkeit von anorganischen Mineralstoffen das Pflanzenwachstum determiniert, begann die weltweite Suche nach potentiellen Quellen für ebendiese Mineralstoffe (Finck 1992). Das Finden von natürlich vorkommenden Rohstoffen und industriellen Beiprodukten, die einen hohen Gehalt an den drei Makronährelementen Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) aufweisen, bildete dabei das Leitmotiv dieser Suche.

Entgegen traditioneller Strategien des Nährstoffmanagements, die auf wirtschaftseigene Ressourcen und lokal verfügbare Ressourcen zurückgreifen (Cushman 2013), führten diese „neuen“ mineralischen Dünger zu einer Zentralisierung der Produktion bei einer gleichzeitigen Delokalisierung der Einbringungsorte. Für diese Arbeit liegt der Fokus auf fünf spezifischen mineralischen Düngern, die während des Zeitraums 1830–1879 Eingang in den globalen Markt fanden: Peruanischer Vogelguano, Chilesalpeter aus der Atacama-Wüste, die Kalisalze der den Salinen Mitteldeutschlands sowie die industriell erzeugten Phosphatdünger Superphosphat und Thomasmehl (Finck 1992).

Über die quantitative Dimension der mineralischen Düngung in der österreich-ungarischen Monarchie des 19. Jahrhunderts war bis dato wenig bekannt. Tendenziell schätzen sowohl zeitgenössische Quellen als auch die aktuelle Fachliteratur die Anwendung im Vergleich zu anderen europäischen Ländern als gering ein (Institut International D’Agriculture 1914). Im Rahmen dieser Arbeit wurde versucht, die quantitativen Bewegungen der untersuchten Mineraldünger auf mehreren Ebenen nachzuvollziehen: Mittels zeitgenössischer Statistiken, Fachliteratur und landwirtschaftlichen Periodika konnten die Importbewegungen, die inländische Mineraldüngerproduktion sowie letztlich die agrarische Anwendung der fünf Mineraldünger für den Untersuchungszeitraum rekonstruiert werden. Neben der Erhebung von quantitativen Daten konzentriert sich diese explorativ angelegte Abschlussarbeit auf die Erforschung der biophysischen und kulturellen Kontexte, die ausschlaggebend für die Einführung von Mineraldüngern, aber auch deren Verzögerung, waren.

Der ausgewählte Untersuchungszeitraum 1848–1914 hat sowohl methodische als auch inhaltliche Gründe: Die neuen Dünger fanden, wie bereits erwähnt, ab 1830 Eingang in den internationalen Markt, gleichzeitig sind die generellen Importe der Monarchie erst ab 1848 systematisch und jährlich publiziert worden. 1848 wurde im gesamten österreichischen Staatsgebiet die Grundherrschaft abgeschafft, was gleichsam als gesellschaftliche Voraussetzung für die Entwicklung von modernen, marktorientierten landwirtschaftlichen Familienbetrieben gesehen werden muss

(Hoffmann 1978). Den Abschluss des Untersuchungszeitraums bildet das Jahr 1914, in welchem der Erste Weltkrieg begann. Nachdem sich die landwirtschaftliche Produktion während der Kriegsjahre in einem Ausnahmezustand befand und die Friedensvereinbarungen 1918 bedeutsame Gebietsverluste mit sich brachten, liegt es nahe, den Untersuchungszeitraum bis 1914 einzuschränken. Im weiteren Verlauf dieser Arbeit wird aus praktischen Gründen für das Untersuchungsgebiet einheitlich der Begriff Österreich-Ungarn verwendet, auch wenn diese Benennung erst 1867 für die Doppelmonarchie offiziell installiert wurde.

Epistemologisch schließt diese Masterarbeit an einer sozial-ökologischen Theorie an, die daran interessiert ist, Wechselwirkungen von naturalen und kulturalen Systemen zu erfassen. Konkret erfolgt ein Bezug auf die Konzepte des „*Gesellschaftlichen Metabolismus“* und der „*Kolonisierung natürlicher Systeme“* (Fischer-Kowalski und Weisz 1999). In diesen wird eine Eingliederung der materiellen und der gesellschaftlichen Welt in einen gemeinsamen Erklärungszusammenhang angestrebt. Im Gegensatz zu den klassischen Theorien der Sozialwissenschaften hat Gesellschaft dabei in Form von menschlichen Körpern, Tieren und Artefakten neben einer symbolischen auch eine materielle Ausprägung. Über diese materielle Manifestation steht Gesellschaft in einer kontinuierlichen Wechselbeziehung mit ihrer Natur. Der Gewinn von Energie und Ressourcen, die für das Weiterbestehen von Gesellschaft notwendig sind, wird über kontinuierlich stattfindende Eingriffe in Form von Arbeit möglich. Als materielle Rückkoppelung werden wiederum Abfälle und Emissionen an die Natur abgegeben, die bei der Extraktion sowie dem Verbrauch von Ressourcen und Energie anfallen. Somit stehen Natur und Gesellschaft in einer konstanten Wechselwirkung (Krausmann und Fischer-Kowalski 2010).

„Die jeweilige gesellschaftliche *Produktions- und Konsumptionsweise* ist es, die diesen Stoffwechsel qualitativ und quantitativ bestimmt.“ schreiben Fridolin Krausmann und Marina Fischer-Kowalski (2010, 40). Sieferle prägte für die Erfassung der Produktions- und Konsumptionsweise den Begriff des „*sozialmetabolischen Regimes“*, unter welchem er eine „stabile Organisationsform des stofflichen und energetischen Austausches von Gesellschaften mit ihrer natürlichen Umwelt“ versteht (Sieferle 2003, 12). Dabei identifiziert er drei spezifische Regimes, welche die Menschheit bis dato durchlaufen hat: bis zur neolithischen Revolution vor 10.000 Jahren herrschte der Typus der Jäger- und Sammlergesellschaft vor, daran schloss die vorindustrielle Agargesellschaft an. Ab 1800 begann die Transition zur heutigen Industriegesellschaft. Auf globaler Ebene ist dieser Übergang bis heute noch nicht vollständig abgeschlossen (Sieferle 2003; Haberl und Fischer-Kowalski 2007).

Für diese Arbeit ist der Übergang von der Agrar- zur Industriegesellschaft und die damit verbundenen Veränderungen in der landwirtschaftlichen Produktionsweise besonders interessant. Die Agrargesellschaft fand in Biomasse aus Land- und Forstwirtschaft ihren zentralen Energieträger. Diese Energie wurde mittels der Kontrolle von Solarenergieflüsse gewonnen. Das heißt spezifische Kultivierungsmaßnahmen wurden gesetzt, um die durch Photosynthese in Pflanzen gebundene Sonnenergie bestmöglich für die Gesellschaft nutzbar zu machen (Sieferle 2003). Diese Kultivierungsmaßnahmen führten zu Veränderungen in der natürlichen Vegetation: Wälder, Wiesen und Moorflächen wurden sukzessive zu

Anbauflächen konvertiert. Gleichzeitig wurden auf diesem Ackerland nunmehr spezifische Nutzpflanzen kultiviert. Für die Steigerung der Erträge blieb in der Agrargesellschaft die Ausweitung der Nutzflächen die wichtigste Strategie. Dieses sozialmetabolische Regime war durch einen vergleichsweise hohen Einsatz von menschlicher Arbeitsleistung in Land- und Forstwirtschaft sowie einer Limitierung der Transportfähigkeit gekennzeichnet. Transporte erfolgten über Wasserstraßen oder an Land mittels Lasttieren, wodurch der Landtransport mit hohen Energiekosten verbunden war. Deshalb fand die landwirtschaftliche Produktion und Konsumation in den Grenzen der jeweiligen Regionen statt, während größere Wirtschaftsräume wenig Relevanz für die einzelnen Agrarbetriebe hatten (Sieferle et al. 2006). Generell war die Produktion von Knappheit geprägt, Überschüsse waren trotz biologischer Innovationen wie neuen Pflanzenkulturen oder Fruchtfolgesystemen, die im 19. Jahrhundert auftraten, kaum erzielbar. Dabei bildete der landwirtschaftliche Boden die „Grundlage der agrarischen Biomassenutzung, und von ihm hängt ein Großteil der produkiven Potenzen ab." (Sieferle et al. 2006, 20). Vor diesem Hintergrund wurde der langfristige Erhalt der Bodenfruchtbarkeit zur zentralen Aufgabe der Landwirtschaft.

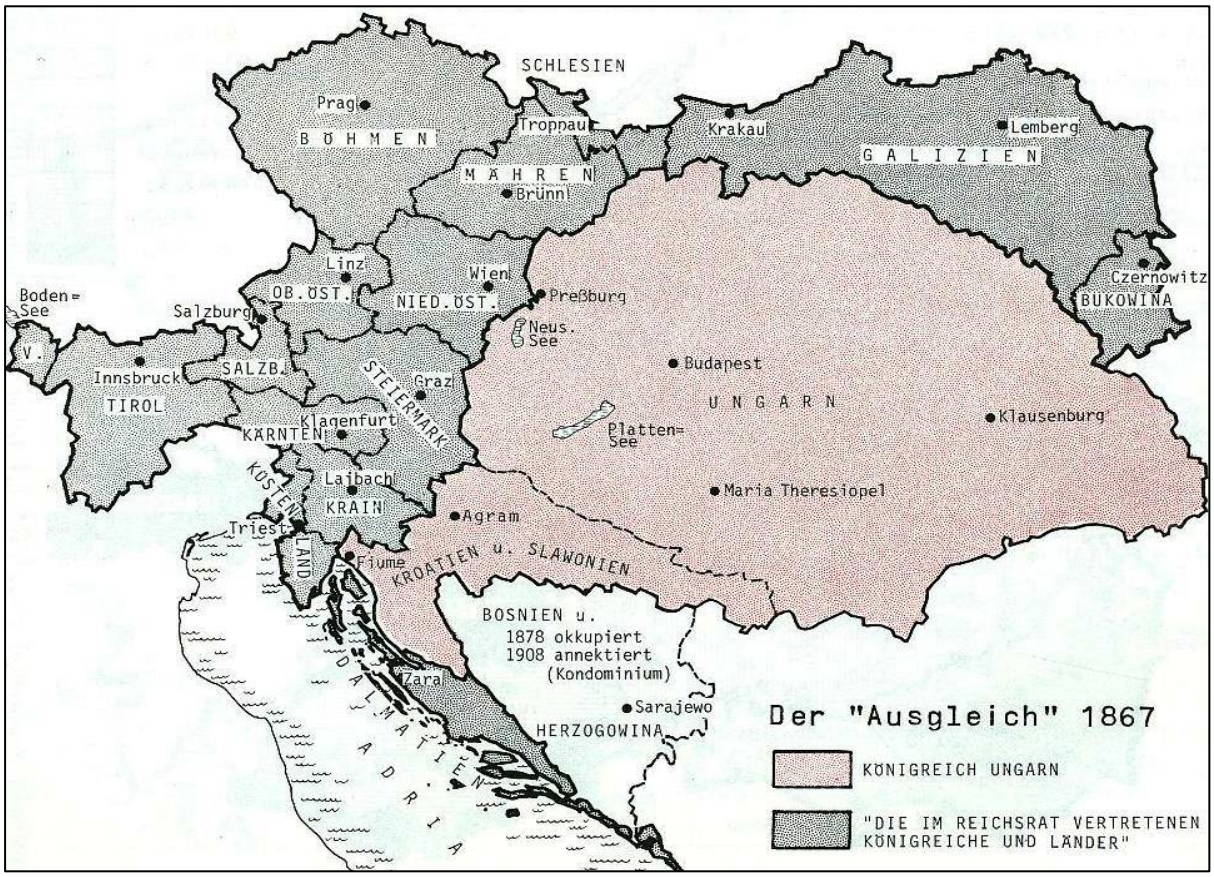
Eine Transition zur Industriegesellschaft zeichnete sich mit der Einführung von Kohle als erstem global genutzten fossilen Energieträger ab. Während England im Jahr 1800 noch für 90 % der weltweiten Kohleförderung verantwortlich war, fand in anderen europäische Länder eine vergleichbare Energietransition erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts statt (Krausmann und Fischer-Kowalski 2010). In der Landwirtschaft gewann Kohle insbesondere als Energiequelle für die Eisenbahn an Bedeutung. Durch den Ausbau von Eisenbahnnetzen wurde eine Transportinfrastruktur geschaffen, die eine regionale Trennung von Konsumations- und Produktionsort und somit die Erschließung neuer Märkten ermöglichte. Diese Entwicklung im Transportwesen setzte sich mit der Etablierung von Erdöl als primärem fossilen Energieträger und der umfassenden Verfügbarkeit von Strom im 20. Jahrhundert fort. Dies führte zu noch günstigeren und schnelleren Arten des Transports. Gleichzeitig änderte sich die landwirtschaftliche Produktionsweise durch die sogenannte „*grüne Revolution*". Darunter wird die zunehmende Rationalisierung von Landwirtschaft mittels des Einsatzes von Maschinen und der Nutzung von Hochertragssorten gemeinsam mit günstig verfügbareren Mineraldüngern sowie Pflanzenschutzmitteln verstanden (Krausmann und Fischer-Kowalski 2010). Mittels diesen Innovationen, die sich in Europa nach dem Zweiten Weltkrieg im vollen Umfang entfalteten, konnten die „Flächenerträge und Arbeitsproduktivität in der Landwirtschaft innerhalb kürzester Zeit vervielfacht werden" (Krausmann und Fischer-Kowalski 2010, 55). Durch den hohen Grad der mechanischen Bearbeitung und chemischen Anreicherung von landwirtschaftlichen Böden wurde Fläche als limitierender Faktor der Produktion ausgehebelt: statt extensiver Landnutzung dominierte nunmehr eine intensivierte, auf einzelne Agrarprodukte spezialisierte, Landwirtschaft (Sieferle et al. 2006). Aus energetischer Sicht vollzog sich mit dem Übergang von der Agrar- zu Industriegesellschaften, eine Transformation der Landwirtschaft als „der wichtigsten Quelle gesellschaftlich nutzbarer Energie zur Energiesenke" (Krausmann und Fischer-Kowalski 2010, 56).

Während traditionelle Dünger entweder aus wirtschaftseigenen biogenen (Stallmist, Ernterückstände) oder lokal verfügbaren mineralischen Ressourcen (Kalk, Mergel)

bezogen wurden, erfordern die „neuen“ Dünger nicht nur erhebliche Transportwege, sondern bedeuten auch einen hohen Ressourcenaufwand in der Extraktion und Herstellung. Es änderten sich also nicht nur die Bezugsorte, sondern auch der Arbeits- und Energieaufwand, der mit der Düngergewinnung in den jeweiligen Abbaugebieten verbunden war. Aus sozialökologischer Sicht wird mit der systematischen Einbringung von Nährstoffen die verfügbare Bodenfläche und deren Beschaffenheit als limitierender Faktor für die Ertragsproduktivität aufgeweicht. Gleichsam führen mineralische Dünger zu einer Veränderung der sozialökologischen Agrarstrukturen. Landwirtschaftsbetriebe mit lokal weitgehend geschlossenen Nährstoffkreisläufen werden von agrarischen Unternehmen abgelöst, bei denen Dünger zu einem hochspezialisierten Chemieprodukt wird, das in großen Mengen durch deren Agrarsystem fließt (Sieferle et al. 2006). Die Steigerung der Erträge steht wiederum in einem engen Zusammenhang mit dem hohen Bevölkerungswachstum in Europa im 19. Jahrhunderts (siehe Kapitel 3.3), das als wichtiges Element im Übergang von einer Agrar- hin zu einer Industriegesellschaft gesehen werden kann (Hoffmann 1978).

Eine spezifisches Charakteristikum Österreich-Ungarns im Vergleich zu anderen europäischen Ländern ist in dessen biophysischen und politischen Situation zu finden. Zwar gab es an der Mittelmeerküste mit Kroatien, Dalmatien und Küstenland Gebiete, die am Meer lagen (vgl. Abbildung 1), allerdings war in Triest der einzige Handelshafen, der zur Belieferung der restlichen Kronländer genutzt wurde. Dieser war durch seine Lage im adriatschen Meer, abseits der transkontinentalen Wasserstraßen, allerdings gerade für Überseetransporte wenig geeignet. Somit kann Österreich-Ungarn durchaus als Binnenstaat betrachtet werden, zumal es auch keine umfangreichen Kolonialgebiete gab, mit denen Austauschbeziehungen stattfinden hätten können. Daran war eine autarkiepromovierende Politik geknüpft, die eine materielle Versorgung des Staates durch inländische Ressourcen bestärkte (Hoffmann 1978). Obwohl für Mineraldünger keine Einfuhrzölle verlangt wurden, war der Bezug von Mineraldüngern, welche großteils nicht aus lokalen Rohstoffen gewonnen werden konnten, somit mit hohen Kosten und logistischen Aufwänden verbunden.

Abbildung 1 – Die Kronländer Österreich-Ungarns (Stand 1867) [Quelle: Austria Forum 2014]



Die vorliegende Arbeit gliedert sich nach dieser Einleitung in fünf weitere inhaltliche Kapitel. Im folgenden Abschnitt wird zunächst generell auf Dünger und dessen Rolle in der Pflanzenernährung eingegangen. Die Entwicklung der agrarwissenschaftlichen Rahmung, welche der Einführung von Mineraldüngern vorgelagert war, soll im Anschluss skizziert werden. In diesem Abschnitt wird auch auf die Eigenschaften und die Markteinführung der fünf Stoffe Guano, Chilesalpeter, Kalisalze, Superphosphat und Thomasmehl eingegangen. Kapitel 3 bietet einen Überblick über die landwirtschaftliche Situation Österreich-Ungarns während des Untersuchungszeitraums 1848 –1914. Dabei soll neben der Entwicklung von Agrarprodukten und -flächen auch auf die landwirtschaftlichen Veränderungen, die sich während dieser Zeit vollzogen haben, eingegangen werden. Kapitel 4 beschäftigt sich anfangs mit der methodischen Vorgehensweise der durchgeführten Erhebung. Darüber hinaus werden konkrete Ergebnisse für die Bewegungen in Import, die inländischer Produktion sowie dem Verbrauch von mineralischen Düngern in Österreich-Ungarn präsentiert. Hier wird ebenfalls ein Vergleich zur Verwendung in anderen europäischen Ländern gezogen. Über die Gründe, welche für und gegen eine Verwendung der Mineraldünger sprachen, gibt Kapitel 5 Auskunft. Diese sollen die quantitativen Ergebnisse aus Kapitel 4 mit qualitativen Informationen unterfüttern und in einen Erklärungszusammenhang bringen. Den Abschluss dieser Arbeitet bildet Kapitel 6, welches die eingangs gestellte Frage zur Rolle mineralischer Dünger in Österreich-Ungarn zusammenfassend beantworten

wird und einen Ausblick auf Forschungsthemen, welche sich aus dieser Arbeit ergeben, bietet.

2 Grundlagen der Pflanzenernährung und Düngung

Im ersten Teil dieses Kapitels soll neben der Erläuterung einiger Grundprinzipien der Düngung und Bodenfruchtbarkeit auch ein kurzer Abriss über die Entwicklung der agrarwissenschaftlichen Forschung bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts gegeben werden. Der zweite Teil konzentriert sich auf eine detailliertere Beschreibung der mineralischen Dünger, welche im Rahmen dieser Arbeit untersucht wurden.

2.1 Düngemittel und Bodenfruchtbarkeit

Das deutsche Düngemittelgesetz definiert Düngemittel als „... Stoffe, die dazu bestimmt sind, unmittelbar oder mittelbar Nutzpflanzen zugeführt zu werden, um ihr Wachstum zu fördern, ihren Ertrag zu erhöhen oder ihre Qualität zu verbessern“ (Finck 1992, 13). Als wichtigstes Nährsubstrat ist dabei Boden zu betrachten, dessen Fruchtbarkeit von einer Vielzahl unterschiedlicher Faktoren, wie beispielweise der Textur und Struktur, dem Humusgehalt, dem pH-Wert oder dem vorhandenem Nährstoffangebot, abhängig ist (Scheffer et al. 2010).

Pflanzen benötigen für den Aufbau von organischer Substanz neben Solarenergie insbesondere Wasser sowie Kohlen- und Sauerstoff in Form von CO_2. Als CO_2-Quelle dient neben der Bodenluft vor allem die Atmosphäre. Darüber hinaus ist Pflanzenwachstum ohne essenzielle Elemente, die in Form von Nährelementen aus dem Mineralbestand von Böden bereitgestellt werden, nicht möglich. Diese Elemente werden entsprechend dem quantitativen Bedarf in Makro- (Stickstoff, Kalium, Calcium, Magnesium, Phosphor, Schwefel) und Mikronährelemente (Chlor, Eisen, Mangan, Bor, Zinn, Kupfer, Nickel, Natrium) unterteilt (Scheffer et al. 2010). Letztlich ist nicht der alleinige Bestand der Nährstoffe im Boden für das Pflanzenwachstum ausschlaggebend, sondern auch deren Verfügbarkeit in Form von wasserlöslichen Bestandteilen der Bodenlösung oder als an Ton- und Humusteilchen angelagerte Ionen. Gleichsam können schwer mobilisierbare Nährstoffreserven durch chemische Verwitterungs- und Umwandlungsprozesse mittels Mikroorganismen langfristig nachgeliefert werden.

Der Umwelthistoriker Gregory Cushman fasst folgende fünf Strategien zur Verbesserung der Nährstoffsituation in landwirtschaftlichen Böden zusammen, welche auch in vorindustriellen Landwirtschaften verfolgt wurden (Cushman 2013):

1. Die Nutzung von zuvor unkultivierten Böden und deren Nährstoffangebot für landwirtschaftliche Zwecke, wie es beispielsweise in den nordamerikanischen „Great Plains“ praktiziert wurde.
2. Die Veränderung der Bodenchemie und -physiologie ohne die direkte Zufuhr von Nährstoffen. Die pH-Wert hebende Einarbeitung von Kalk, die mechanische Bodenbearbeitung oder das texturverbessernde Mergeln sind

Praktiken, die auch in Europa eine lange Tradition als Boden verbessernde Maßnahmen besitzen. Diese Maßnahmen dienen dem Aufschluss von im Boden gebundenen Nährstoffen und führen langfristig zu einer Abnahme der Pflanzennährstoffe im Boden (wie auch 1.).

3. Das Kultivieren von Pflanzen, die in Symbiose mit stickstofffixierenden Mikroorganismen wie Knöllchenbakterien oder Strahlenpilzen leben und somit eine Steigerung des pflanzenverfügbaren Stickstoffangebots im Boden ermöglichen. Neben Erlenbäumen sind insbesondere Leguminosen wie Klee, Soja oder Bohnen hierfür von Bedeutung.
4. Die Wiedereinbringung von organischer Substanz wie Stallmist, Ernterückständen, aber auch menschlichen Exkrementen und tierischen Überresten, um die durch die Ernte entzogene organische Substanz im Rahmen eines „Recyclingprozesses“ dem Boden rückzuführen.
5. Der Import von Nährstoffen in Form von Materialien, die nicht aus wirtschaftseigenen Quellen verfügbar sind. Dies kann einerseits in menschlich nicht gezielt beeinflussten Vorgängen wie erosionsbedingten Stoffumlagerungen in Landschaften geschehen. Andererseits ist hier auch die gezielte Einbringung von Nährstoffdepots in Form von Düngern von großer Bedeutung.

Laut Cushman kombinierten die historisch gesehen produktivsten und nachhaltigsten Agrarproduktionssysteme diese fünf Wege des Nährstoffmanagements miteinander, um maximale Erträge zu erzielen. Diese Systeme konzentrieren sich auf eine Optimierung der Effizienz zwischen Investitionen in Form von Arbeit sowie Ressourcen und dem Nährstoffkreislauf zur langfristigen Sicherung der Bodenfertilität (Cushman 2013). Mit der Industrialisierung geriet die Bedeutung der ersten vier Wege in den Hintergrund. Eine Fokussierung auf die Bereitstellung essenzieller Pflanzennährstoffe durch nicht lokal verfügbare mineralische Materialien, wie es in der fünften Strategie beschrieben ist, wird zur zentralen Strategie für die Erhaltung und insbesondere Steigerung der Bodenfruchtbarkeit in der industrialisierten Landwirtschaft. Die Kreislaufführung wird somit von einem Durchflussmodell ersetzt, bei welchem die Maximierung der Erträge durch hohe Düngergaben, aber auch den erhöhten Einsatz fossiler Energieträger für den Betrieb landwirtschaftlicher Geräte im Vordergrund steht. (Cushman 2013).

2.1.1 Traditionelle Vorstellungen von Düngung

Historisch ist eine Anwendung von Düngern und mechanischer Bodenbearbeitung zur Verbesserung der Fruchtbarkeit bis in die Anfänge des Ackerbaus in der Jungsteinzeit zurückzuverfolgen. Die extensive Nutzung von einfachen und leicht verfügbaren Nährstoffträgern wie Mist, Flussschlamm oder Asche zur Verbesserung der Bodenfertilität kann bereits bei den ersten Hochkulturen an den Flüssen Nil, Euphrat und Indus nachgewiesen werden (Finck 1992).

Dieser Zugang zu Düngung basierte auf Erfahrungswerten. Eine erste formalisierte Theorie zur Pflanzenernährung findet sich bei Aristoteles, der zu dem Schluss kam, dass die pflanzliche Nahrungsgrundlage Humus sein muss. Pflanzen entnehmen dieser Vorstellung nach alle benötigten Substanzen direkt und ohne

Umwandlungsprozesse über die Wurzeln aus dem humosen Oberboden (Finck 1992). Erste umfangreiche schriftliche Beschreibungen zum Ackerbau und der hierfür nötigen Bodenbearbeitung und Düngung finden sich bei römischen Schriftstellern wie Cato (200 v. Chr.) oder Plinius (100 v. Chr.). Bis in die frühe Neuzeit dominierte die aristotelische Vorstellung der Pflanzenernährung. Das wissenschaftliche Interesse konzentrierte sich während des Mittelalters auf die Nutzbarmachung von Pflanzen für Heilzwecke, während die Erforschung der chemischen Bestandteile und Bedingungen, unter welchen diese entstehen, nicht weiter verfolgt wurden (Honcamp 1931). Die Grundlage einer gezielten Ernährungslehre basierte auf den Arbeiten zum Pflanzenaufbau von Naturforschern wie Marcello Malphigi oder Stephen Hales aus dem späten 17. Jahrhundert sowie den Forschungstätigkeiten der Chemiker Joseph Priestley und Antoine Lavoisier zum Stoffwechsel der Pflanzen im 18. Jahrhundert (Honcamp 1931).

Mit der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert war allgemein verbreitet, dass Pflanzen großteils aus Wasser und wenigen Elementarstoffen bestehen. Die Existenz von lebensnotwendigen Mineralstoffbestandteilen und deren Aufnahme durch die Wurzeln aus dem Boden waren ebenfalls bekannt. Dennoch blieb nicht zuletzt auf der Grundlage von erfolgreichen empirischen Feldversuchen mit humosen Böden im Wesentlichen die aristotelesche Theorie bestehen, nach der Humus selbst den wichtigsten Pflanzennährstoff darstellt. Gleichsam war die praktische Realität des Nährstoffmanagements wesentlich komplexer. Die britische Landwirtschaft erkannte die Bedeutung des Mergels zur Bodenverbesserung bereits im 16. Jahrhundert (Winiwarter und Blum 2008). In Krünitz' *Oeconomischer Encyclopädie*; Band 9, waren 1785 bereits über 50 Materialien, wie beispielsweise Asche, Mist, Kalk oder Hornspäne, angeführt, die als nützliche Düngemittel eingestuft wurden. Diese dienten einerseits als Nährstofflieferanten und andererseits zur Verbesserung der gesamten Bodenphysiologie (Krünitz 1785). Darüber hinaus wurde eine Verbesserung der Bodenqualität im 18. Jahrhundert durch weitere technische aber vor allem auch biologische Verfahren erzielt: Die Niederlande und Großbritannien taten sich dabei durch die Entwicklung verbesserter Pflüge zur Bodenlockerung hervor. Ein anderes Beispiel ist die Verbesserung des Stickstoffangebots mit der Einführung von Leguminosen als Brachebepflanzung in der traditionellen Dreifelderwirtschaft.

2.1.2 Die Anfänge der modernen Agrarwissenschaften

Mit dem beginnenden 19. Jahrhundert formierte sich das Feld der Agrikulturwissenschaften, welches eine gezielte Optimierung von landwirtschaftlichen Produktionsprozessen anstrebte. Wichtige Beiträge aus dem deutschsprachigen Raum betrachteten dabei sehr unterschiedliche Aspekte: Der Wirtschaftswissenschaftler Johann von Thünen und der Arzt Albrecht von Thaer fokussierten sich in erster Linie auf die betriebs- und volkswirtschaftliche Organisation von Landwirtschaft (Haushofer 1963). Aus einer naturwissenschaftlich orientierten Auseinandersetzung mit Landwirtschaft entstand das Teilgebiet der Bodenstatik als „Lehre über das Verhältnis, in welchem die Kraft des Bodens, der Ertrag der Ernten und die Erschöpfung zu einander stehen" (Finck 1992, 151). Aufbauend auf dieser Tradition war es der Landwirt und spätere

Versuchsanstaltsleiter Carl Sprengel, der in den 1830er Jahren zum ersten Mal die Schlüsselrolle der Makronährelemente Stickstoff, Phosphor und Kalium als limitierende Faktoren für das Pflanzenwachstum erkannte und für eine spezifische Anreicherung der Böden mit diesen Elementen plädierte (Finck 1992).
Trotz der wissenschaftlichen Veröffentlichung von Sprengels Mineralstofftheorie stieß die Vorstellung, dass sich Pflanzen von anorganischen Elementen ernähren, erst mit dem Chemiker Justus von Liebig, der gleichzeitig das Forschungsfeld der Agrikulturchemie begründete, auf eine umfangreiche Resonanz in Fachkreisen. Liebig beschrieb 1843 in seinem Werk *Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* die Bedeutung von anorganischen Nährstoffen wie folgt: „Die Höhe des Ertrages eines Feldes entspricht oder steht im Verhältnis zu demjenigen zur völligen Entwicklung der Pflanzen unentbehrlichen Nahrungsstoff, welcher im Boden in kleinster Menge vorhanden ist“ (cit. nach Vogel 1874, 36). Aus diesem sogenannten *„Gesetz des Minimums“* lässt sich erkennen, dass ohne eine ausreichende Versorgung der Pflanze mit dem im geringsten Maße vorhandenen Mangelnährstoff jegliche andere Maßnahmen zur Nährstoff- und Bodenverbesserung nicht zu einem höheren Ertrag führt. Auf dieser Erkenntnis, die auch heute noch allgemeingültig ist, basierte die weltweite Suche nach neuen Mineraldüngern in der Mitte des 19. Jahrhunderts, um eine ausreichende Versorgung der Pflanzen mit den drei „Mangelnährstoffen“ Stickstoff, Phosphor und Kalium zu ermöglichen und die Erträge zu steigern. Agrikulturelle Vereine und Versuchsanstalten bemühten sich darum, in Feldversuchen die Wirksamkeit von Materialien mit besonders hohen Nährstoffgehalten empirisch zu überprüfen. Neben der Anwendung natürlich vorkommender Ressourcen, deren Zusammensetzung sukzessive im Verlauf des 19. Jahrhunderts analysiert wurde, waren Beiprodukte und Abfälle aus industriellen Prozessen die zweite Quelle für neue Mineraldünger. Ein Artikel der Wiener Landwirtschaftlichen Zeitung beschrieb 1873 die Suche nach diesen neuen Stoffen wie folgt:

> „Wie vordem kühne Seehelden die Meere durchfurchten, um unbekannte Länder zu entdecken, so befinden sich in unseren Tagen hunderte von Schiffen auf Entdeckungsreisen nach neuen Fruchtbarkeitsquellen für die ausgesogenen Länder der alten Cultur: Berge werden geöffnet und Eisenbahnen erbaut, bloß zu dem Zwecke, um Salze für die Pflanzenernährung zu gewinnen [...] wir verzehren im Gemüse die Knochen präadamischer Saurier und in Südfrüchten den Mumienstaub ägyptischer Königsgräber“ (Hamm 1873, 1).

2.2 Die untersuchten Mineraldünger

In der Einführung wurde bereits kurz beschrieben, welche inhaltlichen und methodischen Gründe zur Auswahl der folgenden Dünger als Untersuchungsgegenstand beigetragen haben. An dieser Stelle soll auf die einzelnen Düngemittel näher eingegangen werden . Neben der Beschreibung ihrer Qualitäten soll auch ein kurzer historischer Abriss über deren Herstellung und Verbreitung im 19. Jahrhundert gegeben werden. Es erscheint als sachdienlich, im Rahmen dieses Kapitels auf die global dominierenden Produktions- und Absatzmärkte für die einzelnen Stoffe einzugehen, bevor die Situation in Österreich-Ungarn im Rahmen

der Kapitel 4 und 5 näher behandelt wird. Die folgende Gliederung orientiert sich chronologisch an der Reihenfolge der Markteinführung der einzelnen Dünger (vgl. Haushofer 1963).

2.2.1 Guano

Unter Guano (eine Ableitung der Quechua-Bezeichnung *wanu* für „Mist“) werden die zersetzten Ablagerungen von Vogel- und Fledermausfäkalien verstanden, welche sich in natürlichen Lagerstätten bilden. Für die Entstehung von Vogelguano sind Gebiete prädestiniert, die Vögeln einen von Menschen und Raubtieren ungestörten Lebensraum bieten und gleichzeitig über ein sehr trockenes Klima verfügen, so dass die Fäkalien nicht von Niederschlag abgetragen und Nährstoffe nicht ausgewaschen werden. Eine der wenigen Regionen, die diese Eigenschaften vereint und ein reichhaltiges Nahrungsangebot durch den umliegenden Fischbestand bietet, sind die südlich von Lima gelegenen und heute zu Peru gehörigen Chincha-Inseln. Die dortigen Guanoablagerungen erstreckten sich bis zum 19. Jahrhundert über Dekaden mit einer Schichtdicke von bis zu 15 Metern (Cushman 2013). Chincha-Guano enthält durchschnittlich 15 % Stickstoff und 4–5 % Phosphat sowie Spuren von Kalisalzen, Magnesium und Eisen (Smil 2004). Wegen der Abdeckung all dieser für das Pflanzenwachstum essenziellen Nährstoffe wurde Guano zu einem der „vollständigsten“ am Markt verfügbaren Dünger des 19. Jahrhunderts. Vergleichsweise hoch ist der Stickstoffgehalt auch im Bezug zu modernen Mehrnährstoffdüngern, wie beispielsweise dem „Blaukorn“. Dieses enthält durchschnittlich 12 % Stickstoff, 12 % Phosphor, 17 % Kalium und 2 % Magnesium (Finck 1992).

Während in der lokalen Landwirtschaft die positive Wirkung von Guano auf die Bodenfruchtbarkeit bereits den Inkas bekannt war (Smil 2004), erlangte diese erst im 19. Jahrhundert weltweite Bekanntheit. Der Naturforscher Alexander von Humboldt brachte 1804 im Rahmen seiner Südamerikaexpedition die erste Probe Guano von den Chincha-Inseln zurück nach Europa (Finck 1992). Ein erster Export im agrarischen Kontext erfolgte 20 Jahre nach Humboldts Expedition durch den Herausgeber der Zeitschrift *The American Farmer*, welcher zwei Fässer Guano für Feldversuche nach Baltimore liefern ließ (Honcamp 1931). Gleichsam nahm die zusehende Vernetzung Perus durch die wachsenden Handelstätigkeiten entlang der Pazifischen Küste zu. In Europa und insbesondere Großbritannien wurden währenddessen Methoden zur Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit zum zentralen Interesse der agrikulturellen Forschung. In den 1840er Jahren wurden erstmals Kleinmengen an Guano zur Durchführung von Feldversuchen nach Großbritannien importiert (Smil 2004). Durch die daran anschließende positive Rezeption des „echten“ Peru-Guanos in einschlägigen Fachzeitschriften wuchs das internationale Interesse am Import dieses neuen Mineraldüngers (Hamm 1873).

Cushman schätzt den Guanoexport Perus für die Jahre 1840–1879 auf insgesamt 12,7 Millionen Tonnen (Cushman 2013). Großbritannien war mit einem jährlichen Import von mehr als 200.000 Tonnen Anfang der 1850er Jahre der weltweit stärkste Abnehmer. In Europa waren darüber hinaus die Niederlande und Deutschland die wichtigsten Absatzmärkte. Nicht zu vernachlässigen ist die Guanonachfrage in den

Vereinigten Staaten von Amerika, die zwischen 1850 und 1860 insgesamt 760.000 Tonnen aus Peru bezogen und in Anbetracht der zunehmenden strategischen Bedeutung der Ressource 1856 den sogenannten Guano Islands Act erließen (Smil 2004). Nach diesem Erlass konnten Inseln, die keiner anderen Nation zugehörig waren und über Guanovorkommen verfügten, durch das Betreten von amerikanischen Staatsbürgern zu US-amerikanischem Staatsgebiet werden.

Bis 1872 waren die über Jahrhunderte akkumulierten Guanobestände der Chincha-Inseln bis auf 150.000 Tonnen abgebaut (Smil 2004). Zwar gab es auch in anderen Gebieten Perus, wie etwa den Guanape-Inseln, Guanobestände, diese waren allerdings weder von der Quantität noch hinsichtlich des Stickstoffgehalts annähernd so reichhaltig wie die Lager der Chincha-Inseln. Somit kam der peruanische Guanoexport Anfang der 1870er Jahre aufgrund der Ressourcenerschöpfung zu einem vorläufigen Ende. Eine Nutzung der Guanobestände der Chincha Inseln erfolgte erst wieder im 20. Jahrhundert um die lokale peruanische Landwirtschaft mit Dünger zu versorgen (Cushman 2005). Gleichzeitig wurde weltweit erfolglos nach alternativen Lagerstätten gesucht, wobei der US-amerikanische Baker-Guano und die Bestände der Ichaboe-Inseln vor der südwestlichen Küste Afrikas zu den wenigen nennenswerten Quellen außerhalb Perus zählten. Das 1843 entdeckte Lager der Ichaboe-Inseln verfügte über eine vergleichsweise geringe Ausdehnung von 300.000 Tonnen und wurde innerhalb weniger Jahre zur Gänze ausgebeutet (Smil 2004).

Zusammenfassend ist der peruanische Guano also ein Mineraldünger, der nur über eine Periode von knapp 39 Jahren am Markt verfügbar war und somit keine langfristige Lösung für die Stickstoff- und Phosphorbedürfnisse landwirtschaftlich genutzter Böden darstellte. Zwischen 1840 und 1879 flossen mit den 12,7 Millionen Tonnen Guano aus Peru geschätzte 1,9 Millionen Tonnen Stickstoff und 571.500 Tonnen Phosphor als Reinnährstoffe in die landwirtschaftlichen Flächen der importierenden Länder (Cushman 2013). Das Sprichwort *„Obgleich der Guano kein Heiliger ist, thut er doch Wunder“* (Stöckhardt 1851, 54) weist auf die universelle Einsetzbarkeit dieses Düngers hin: Guano wurde demnach sowohl für neu konvertiertes Ackerland, ausgelaugte Felder als auch zur Ertragssteigerung in bereits fruchtbaren Flächen eingesetzt (Stöckhardt 1851). Als besonders geeignete Kulturen für die Anwendung wurden Ölfrüchte, Kartoffeln, Weizen, Roggen, Zuckerrüben und vor allem Hafer eingeschätzt (Vogel 1860). Krafft empfiehlt in seiner Ackerbaulehre jährliche Guanogaben in der Höhe von 200-400 kg pro ha für Getreide und 400 – 500 kg pro ha für Zuckerrüben (Krafft 1888). Eine Anwendung von 400 kg Guano entspricht einem Reinnährstoffeintrag von etwa 60 kg Stickstoff und 13,5 kg Phosphor. Legt man Kraffts Empfehlung auf die zwischen 1840 und 1879 insgesamt exportierte Guanomenge von 12,7 Millionen Tonnen um, so hätte damit einmal ein Anbaugebiet von 42,3 Millionen Hektar gedüngt werden können oder über den gesamten Zeitraum eine Fläche von gut einer Million Hektar jährlich.

2.2.2 Chilesalpeter

Bei Chilesalpeter, welcher im zeitgenössischen Kontext des 19. Jahrhunderts unter dem Namen Chilisalpeter bekannt wurde, handelt es sich um das Natriumsalz der

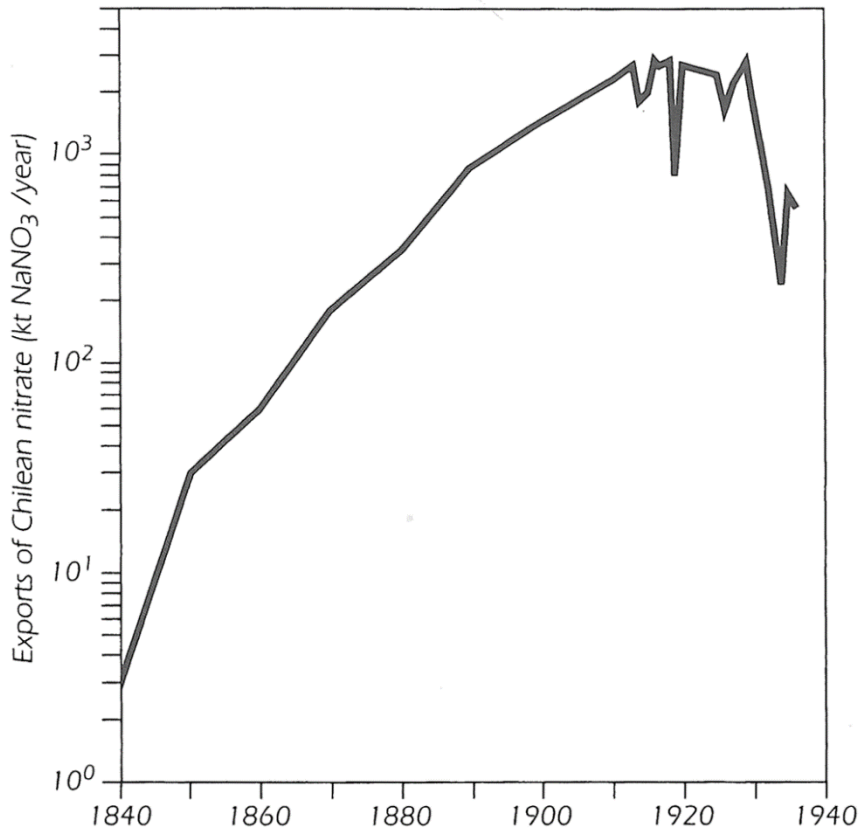
Salpetersäure ( ). Wie aus dessen Bezeichnung hervorgeht, sind die größten Vorkommen dieses Salzes in Chile zu finden, genauer gesagt in den Gebieten der Atacama-Wüste. Die dortigen Bestände treten in ein bis drei Meter Tiefe im Sedimentgestein Caliche, welches nach dem Tertiär in ausgetrockneten Armen des Pazifischen Ozeans entstand (Smil 2004), auf. Caliche bildete sich nach der Evapotranspiration des Wassers als Konglomerat von unlöslichen Stoffen, die mittels Oxiden und Salzen verfestigt wurden. Reines besteht zu 16 % aus Stickstoff, was dem dreißigfachen Gehalt von herkömmlichem Stallmist entspricht (Smil 2004).

1821 entdeckte der spanische Naturforscher Mariano Eduardo de Rivero erstmals die Caliche-Vorkommen in der damals noch peruanischen Provinz Tarapacá. Ein erster Abbau von Chilesalpeter erfolgte 1826 durch den Franzosen Hector Baque. Wenig später, im Jahr 1830, begann der Export mit einem jährlichen Volumen von 8.300 Tonnen, wobei England der primäre Importeur war. Bis zum Ende der 1870er Jahre konnte der Export jährlich auf 300.000 Tonnen gesteigert werden (Smil 2004). Im Jahr 1879 führte Chile mit seinen Nachbarländern Peru und Bolivien den sogenannten Salpeterkrieg. Im Zentrum dieses Konflikts stand die Herrschaft über die nördlichen Atacama-Regionen und den dortigen Chilesalpetervorkommen sowie die Seehäfen Antofagasta und Iquique. Die Auseinandersetzung endete im Jahr 1883, wobei das im Krieg dominierende Chile nach den Friedensvereinbarungen durch den Zugewinn der Provinz Tarapacá sämtliche Chilesalpetervorkommen innerhalb seiner Landesgrenzen vereinen konnte (Sicotte et al. 2009).

Das in der Atacama Wüste gewonnene Caliche wurde nach der Extraktion in chilenischen Raffinerien sortiert, zerkleinert und anschließend mit heißem Wasser aufbereitet, um die Salze von den restlichen Mineralrückständen zu lösen. Das getrocknete Salz mit einem durchschnittlichen Stickstoffgehalt von 15 % stand am Ende der Produktionskette und wurde über den Seehafen Antofagasta international verschifft (Smil 2004). Die Gewinnung von Chilesalpeter konnte nach dem Salpeterkrieg dramatisch gesteigert werden, was sich in den Exportzahlen widerspiegelt: 1895 betrug der Export bereits mehr als 1.000.000 Tonnen, im Jahr 1910 1,33 Megatonnen und kurz vor dem Ersten Weltkrieg 1913 sogar 2,55 Megatonnen (Institut International D'Agriculture 1914). Neben der Anwendung als Düngemittel fand Chilesalpeter aufgrund seines hohen Stickstoffanteils vor allem auch als Ausgangsmaterial für die Herstellung von Schießpulver im militärischen Kontext seinen Absatz. In Österreich-Ungarn wurden 1912 beispielsweise 75 % der Chilesalpeterimporte als Düngemittel verwendet und 25 % für militärische Zwecke genutzt (k.k. Handelsministerium 1912).

Unabhängig vom Nutzungskontext war Chilesalpeter beinahe ein reines Exportprodukt. Sicotte et al. (2009) schätzen, dass Chilesalpeter zwischen den Salpeterkriegen und dem Ersten Weltkrieg für mehr als zwei Drittel der gesamten chilenischen Exportleistung verantwortlich war und somit auch einen wichtigen Faktor für die dortige Wirtschaft darstellte. In Abbildung 2 ist die Entwicklung der Exporte während des Zeitraums 1840–1940 ersichtlich.

Abbildung 2 –Exporte von Chilesalpeter zwischen 1840 und 1940 [Quelle: Smil 2004, 47]



Wie bereits erwähnt, stellte Großbritannien anfangs den primären Handelspartner dar. Dessen Rolle geriet aber mit einer sinkenden landwirtschaftlichen Eigenproduktion zunehmend in den Hintergrund. 1911 war Deutschland mit seinen insgesamt 25 Millionen Hektar umfassenden Ackerflächen der weltweit größte Abnehmer mit einem jährlichen Konsum von 743.411 Tonnen (Rürup 1992). Daneben stellten die Vereinigten Staaten mit 568.136 Tonnen und Frankreich mit 338.706 Tonnen pro Jahr weitere wichtige Importeure dar. Bei diesen Angaben für Deutschland, die Vereinigten Staaten und Frankreich ist der gesamte Import von Chilesalpeter berücksichtigt. Mit dem Beginn des Ersten Weltkriegs brach durch die Seeblockaden der Alliierten Deutschland als Absatzmarkt komplett ein. Durch die Einführung von preisgünstigen Stickstoffdüngern, welche mit Ende der 1920er Jahren durch das Haber-Bosch-Verfahren in großen Mengen und ortsunabhängig produziert werden konnten, verlor Chilesalpeter endgültig seine Stellung als weltweit wichtigster mineralischer Stickstoffdünger (Smil 2004). Anders als bei Guano wurden die Chilesalpetervorräte somit nicht bis zur vollkommenen Erschöpfung der Lagerstätten abgebaut.

Als Kulturen, die besonders geeignet für die Düngung mit Chilesalpeter galten, wurden Zuckerrüben, Kartoffeln und Getreide betrachtet. Für die Anwendung variierten die zeitgenössischen Empfehlungen zwischen 100-200 kg pro Hektar für Getreide und 300 – 400 kg pro Hektar für Zuckerrüben (Krafft 1888). Die Stickstoffdüngung führt bei Kulturpflanzen zur besonders schnellen Entwicklung von

Pflanzenblättern. Eine Kombination mit Phosphatdüngern, welche die Ausbildung der Fruchtkörper fördern, wurde in der damaligen Fachliteratur empfohlen (Hotter 1898). Darüber hinaus galten Sandböden sowie humose Lehm- und Mergelböden als geeignet für die Einbringung von Chilesalpeter, während auf weniger tiefgründigen Böden in Höhenlagen und dichten Lehmböden die Anwendung nicht empfohlen wurde (Krafft 1888). Chilesalpeter wurde auf Grund seiner guten Lösbarkeit als sehr wirksam betrachtet, war aber gleichzeitig auch der preisintensivste Mineraldünger mit einem Endverkaufspreis in Österreich-Ungarn von 80 Hellern bzw. 0,8 Kronen pro Kilogramm enthaltenem Stickstoff im Jahr 1898 (Gierth 1898). Für die Düngung von einem Hektar Ackerfläche mit 100 kg 15 %igem Chilesalpeter wäre somit also Investition von 12 Kronen (15 x 80 Heller) nötig gewesen. Der Verkaufspreis für 100 kg Weizen lag im Vergleich dazu im Jahr 1900 bei ca. 10 Kronen (Hitschmann 1900), wobei der erwartete Hektarertrag zu dieser Zeit in den österreichischen Kronländern durchschnittlich 10.000 kg betrug (Sandgruber 1978).

2.2.3 Superphosphat

Phosphor stellt neben Stickstoff den wichtigsten Makronährstoff für Pflanzen dar. Dieser ist in den meisten Böden zwar vorhanden, allerdings nur in geringem Ausmaß in pflanzenverfügbarer Form gebunden (Finck 1992). Somit können langfristig die Phosphorbedürfnisse von intensiv bewirtschafteten Agrarflächen ohne einer externen Zufuhr nicht abdeckt werden. Die Wirkung von organischen Phosphorverbindungen, wie sie in gemahlenen Knochen, Blut oder Fäkalien vorkommen, war bereits lange vor der Einführung der in dieser Arbeit behandelten marktgängigen mineralischen Dünger bekannt (Krünitz 1785). Gleichzeitig sind die darin vorhandenen Phosphate in unaufgeschlossener Form nur bedingt wirksam, da diese schwer wasserlöslich sind und somit nur zu einem geringen Anteil in die pflanzenverfügbare Bodenlösung übergehen. 1840 formulierte Justus von Liebig in dem bereits erwähnten Werk *Die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie* den Vorschlag, die Wirksamkeit von Knochenmehl mittels der Zugabe von Schwefelsäure zu erhöhen. Das dadurch gewonnene phosphathaltige Salz ist wasserlöslich und kann gut von Pflanzen aufgenommen werden. Der englische Landwirt Fleming zu Bansland griff Liebigs Empfehlung auf und stellte unter dem Namen *„German Compost*“ für seinen Eigenbedarf 1841 erstmals Superphosphat her (Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten 1955). Die erste kommerzielle Produktion blieb in britischer Hand: 1843 ließen sich die Knochenmehlproduzenten Lawes und Gilbert das Verfahren mit dem Endprodukt „Superphosphat“ patentieren. Mittels der Benzinextraktion wurde hierfür Knochenmehl entfettet und durch eine anschließende Dampfzufuhr die verbleibende Knorpelsubstanz, welche die Grundlage für die Leimherstellung bildete, extrahiert. Das verbleibende Knochenmehl bildete die Grundlage zur Herstellung von Superphosphaten. In Liverpool widmete sich 1846 auch die Sodafabrik J. Muspratt der Produktion von Superphosphaten. Innerhalb der nächsten 25 Jahre wuchs die Anzahl der Hersteller allein in Großbritannien auf 80 Fabriken an (Collings 1955). Deutschland, welches sich bis zum Ersten Weltkrieg zu einem der weltweit wichtigsten Produzenten entwickeln sollte, eröffnete 1857 die erste Superphosphatfabrik. 1895 existierten allein in Deutschland bereits 90 Unternehmen, die zusammen jährlich 600.000 Tonnen Superphosphat produzierten (Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten 1955). Der Phosphorgehalt von mit

Schwefelsäure behandelten Rohphosphaten betrug für knochenbasiertes Superphosphat 8 -12 %. Die Gehaltsangabe bezieht sich dabei auf das in Form von Phosphorsäure (H_3PO_4) enthaltene Phosphor.
Als Rohmaterial für die Herstellung dieser ersten Generation von Superphosphaten dienten tierische Knochen in roher als auch aufbereiteter Form (Knochenkohle). Teilweise wurde sogar auf Knochen menschlichen Ursprungs, die aus den Gräbern und Schlachtfeldern Europas, wie Waterloo oder Leipzig, und Gebeinhäusern entnommen wurden, zurückgegriffen (Haushofer 1963). Liebig schätzte, dass allein zwischen 1810 und 1860 Phosphate, die einem Äquivalent von 4 Millionen Tonnen Knochen entsprechen, nach England eingeführt wurden (Finck 1992). Knochen waren als Schlachtabfälle ein fixer Bestandteil des Rohstoffpools des 19. Jahrhunderts und wurden im gewerblichen Kontext als Knochenmehl beispielsweise für die Leimherstellung genutzt (Reith 1994). Entsprechend kann davon ausgegangen werden, dass Knochenmehl ein konstant verfügbarer Rohstoff war.

Langfristig gewannen allerdings anorganische Phosphatquellen in mineralischer Form, namentlich Apatite und Koprolithe, für die Superphosphatherstellung an Bedeutung. Durch die Nutzung von Mineralphosphaten als Ausgangsmaterial konnten Produkte mit einem wesentlich höheren Anteil von Phosphorsäure, der sich zwischen 15 und 20 % bewegte, hergestellt werden. Diese zweite Generation von Superphosphaten basierte somit nicht mehr auf biogenen Ressourcen, sondern führte dazu, dass mineralische Rohstoffe zur Grundlage der Herstellung wurden. Somit verloren Knochen als Rohmaterial für die Herstellung von Superphosphaten ihre Bedeutung. Dieser Übergang von biogenen hin zu mineralischen Ressourcen ist aus sozialökologischer Sicht eine Entwicklung, die im Zuge der Industrialisierung in vielen Gewebebereichen beobachtet werden kann (Reith 1994). Während anfangs lokale europäische Rohphosphatvorkommen, wie beispielsweise in Norwegen, Frankreich oder Spanien, sukzessive abgebaut wurden, konnte eine weltweit ausreichende Versorgung der Industrie erst mit der Entdeckung von extrem reichen Phosphatlagern entlang der südlichen Ostküste Nordamerikas in Florida und South Carolina in den 1880er Jahren abgedeckt werden. Allein in Florida wurden 1892 335.000 Tonnen der dortigen Apatite abgebaut (Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten 1955). Die nordafrikanischen Phosphatlager, die auch heute noch einen wesentlichen Teil des weltweiten Vorkommens ausmachen, wurden erst mit Beginn des 20. Jahrhunderts erschlossen.

Sowohl die Produktion als auch der Konsum von Superphosphat stieg in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts bis zum Ausbruch des Ersten Weltkrieges kontinuierlich an: Der Absatz in Deutschland nahm 1890–1903 von 400.000 auf 1.000.000 Tonnen zu (Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten 1955). Weltweit lag die Produktion von Superphosphaten 1910 bereits bei 9.604.260 Tonnen, wobei die Vereinigten Staaten mit 2.858.400 Tonnen der größte Hersteller waren. Frankreich und Deutschland galten mit einer jährlichen Produktion von 1.634.400 und 1.353.600 Tonnen als weitere Großproduzenten (Institut International D'Agriculture 1914). 1910 wurden in Deutschland und Frankreich jährlich 1.267.060 bzw. 1.600.000 Tonnen an Superphosphat verbraucht (Institut International D'Agriculture 1914). Somit waren die größten Produzenten gleichzeitig diejenigen Länder, in denen ein hoher Verbrauch herrschte. Nach dem Ersten Weltkrieg wurde sukzessive an der Verbesserung des

Superphosphats durch die zusätzliche Beimengung von Phosphorsäure gearbeitet, um das sogenannte „Triple-Superphosphat“ zu erzeugen (Finck 1992).

Superphosphat wurde als geeignet für alle Formen von Kulturböden mit Ausnahme der Moorböden gesehen. Besonders hervorgehoben wurde die schnelle Wirksamkeit, die durch dessen Wasserlöslichkeit bedingt war (Hotter 1898). Die Wirkung zeigte sich in einer raschen und üppigen Reife der Pflanzen. Die Düngung mit Phosphor wurde für alle Arten von Kulturpflanzen empfohlen. Eine Anwendung wurde insbesondere für intensiv bewirtschaftete Ackerflächen als notwendig erachtet, da diese durch die hohen Biomasseentnahmen in Form von Ernten als phosphorverarmt galten (Gierth 1898). Speziell im Zuckerrübenanbau rieten Experten zur Kombination von Superphosphat mit Kalisalzen, um eine ausreichende Nährstoffversorgung sicherzustellen (Krafft 1888). Die jährliche Einbringung von 200 – 400 Kilogramm an hochgradigem Superphosphat mit einem Gehalt von 15 – 20 % an Phosphorsäure (H_3PO_4) wurde als Richtwert für alle Kulturarten empfohlen (Krafft 1888). In Österreich-Ungarn lag der Endverkaufspreis von Superphosphat 1912 zwischen 32 und 42 Heller pro Kilogramm an enthaltener Phosphorsäure (k.k. Handels-Ministerium 1912).

2.2.4 Kalisalze

Während die zuvor beschriebenen Dünger auf die Phosphor- und Stickstoffbedürfnisse von Kulturpflanzen zugeschnitten waren, ermöglichten Kalisalze die Versorgung der Pflanzen mit dem essenziellen Nährstoff Kalium. Bei Kalisalzen handelt es sich um sogenannte Abraumsalze, die vor der Entdeckung ihres Mehrwerts für die Pflanzenernährung in den 1860er Jahren als Beiprodukte des Kochsalzabbaus anfielen. Chemisch gesprochen setzen sie sich aus einer Mischung von unterschiedlichen, besonders kaliumreichen Salzmineralien wie Halit, Sylvit oder Carnalit und dem Sekundärmineral Kainit zusammen (Finck 1992). Kalisalze entstanden weltweit im Zuge der Verdunstung des Wassers der Ozeanbecken am Ende des Perms vor ca. 200 Millionen Jahren. Die zurückgebliebenen Salze des Meerwassers kristallisierten als Kochsalz- und Kalisalzschichten aus. Die Vorkommen wurden in den folgenden Jahrtausenden von einer Vielzahl geologischer Schichten überlagert. Europaweit liegt das größte Kalivorkommen in Mitteldeutschland bei Staßfurt. Darüber hinaus verfügen Kanada und die USA über große Lagerstätten (Finck 1992).

In Staßfurt wurden die Kochsalzlager bereits seit 1839 im Untertagebau abgetragen. Die darüber liegenden Kalisalzschichten fanden zunächst keine weitere Verwendung und wurden als Abraumsalze zusammen mit dem weiteren anfallenden Gesteinsmaterial auf Halden gelagert. Die Kalisalze gewannen erst in den 1860er Jahren als Kaliumdünger an Bedeutung, nachdem Justus von Liebig selbst in einem Vortrag 1862 auf deren landwirtschaftlichen Nutzen verwies. 1865 wurden große Vorkommen von Kainit in den Salinen von Leopoldshall bei Staßfurt entdeckt. Diese bildeten die Grundlage für den großmaßstäbigen Abbau von Kalisalzen. Durch das Aufbereiten der Rohsalze und dem damit verbundenen Entfernen von etwaigen Verunreinigungen konnten im späten 19. und frühen 20. Jahrhundert

unterschiedliche Kalisalzprodukte mit einem Kaliumanteil in Form von K_2O zwischen 20 und 40 % gewonnen werden (k.k. Handels-Ministerium 1912).

Die Aufbereitung und der Vertrieb erfolgten in Deutschland zunächst durch einzelne Kaliwerke, wobei sich 1890 die dreizehn größten Werke zum „Deutschen Kalisyndikat“ zusammenschlossen, um eine gemeinsame Preis- und Vertriebsstrategie zu verfolgen. Deutschland galt aufgrund der reichen Kalisalzvorkommen in Staßfurt global gesehen als der wichtigster Produzent. 1895 wurde der weltweite landwirtschaftliche Gesamtverbrauch von deutschen Kalisalzen auf 119.104 Tonnen pro Jahr geschätzt. 15 Jahre später stieg der Absatz Deutschlands um mehr als das Sechsfache auf 766.898 Tonnen (k.k. Handels-Ministerium 1912). Dabei stellten Deutschland mit 359.336 Tonnen, die Vereinigten Staaten mit 245.226 Tonnen und die flächenmäßig wesentlich kleineren Niederlande mit 29.398 Tonnen die Hauptabnehmer dar (k.k. Handels-Ministerium 1912). Trotz des Ersten Weltkriegs und dem damit verbundenen Zusammenbruch der Außenhandelsstrukturen konnte Deutschland das weltweite Monopol für Kali halten. Mit der Weltwirtschaftskrise der 1930er Jahre und den beginnenden Extraktionen im nunmehr französischen Elsaß-Lothringen brach der deutsche Kalihandel ein (Finck 1992). Die Vorkommen waren bis zu diesem Zeitpunkt bei Weitem noch nicht erschöpft, was sich auch darin widerspiegelt, dass in Staßfurt Kalisalze bis dato noch abgebaut wird. 2008 erzeugte die K+S Kali Aktiengesellschaft, deren Rohstoffe aus drei Kalirevieren in Deutschland stammen, 5,1 Millionen Tonnen an verkaufsfertigen Kalisalzprodukten. Dem gegenüber steht eine weltweite Erzeugung von 55,9 Millionen Tonnen, wobei die dominanten Vorkommen in Nordamerika und China abgebaut werden (K+S Aktiengesellschaft 2013).

Die Anwendung von Kalisalzen erfolgte primär für sogenannte *Kalipflanzen*, die in ihrer Zusammensetzung selbst sehr reich an Kalium sind. Zu diesen zählen neben Futter- und Zuckerrüben, Kartoffeln und Hülsenfrüchte. Es wurde davon ausgegangen, dass diese Pflanzen aufgrund ihrer Zusammensetzung einen besonders hohen Bedarf an Kalium haben (Pabst 1885). In der zeitgenössischen Literatur wurde empfohlen, unabhängig von der Pflanzenkultur, jährlich zumindest 200 Kilogramm Kalisalze pro Hektar in die bewirtschafteten Böden einzubringen (Hotter 1898). Die beste Wirkung wurde Kalisalzen auf sauren, moorigen Böden sowie Sandböden, die speziell für die Zuckerrübenkulturen genutzt wurden, zugeschrieben. Für das Pflanzenwachstum und die Bildung von Fruchtkörpern wurde ähnlich wie bei Chilesalpeter für die Rüben- und Kartoffelkulturen eine Zugabe von Phosphatdüngern empfohlen (Krafft 1888). Preislich waren Kalisalze durch die großen Vorkommen in Staßfurt und ihre frühere Rolle als Abraumsalz mit Abstand der günstigste aller untersuchten Mineraldünger. In Österreich-Ungarn wurden die Kalisalze aus Staßfurt am Beginn des 20. Jahrhunderts ab 17 Heller pro Kilogramm enthaltenem Kalium (K_2O) verkauft (k.k. Handels-Ministerium 1912).

2.2.5 Thomasmehl

Ähnlich wie bei den Kalisalzen, die ursprünglich als Nebenprodukt der Kochsalzextraktion anfielen, handelt es sich bei dem sogenannten Thomasmehl um ein industrielles Beiprodukt. Das bei der Stahlfabrikation aus Eisenerzen gewonnene

flüssige Roheisen enthält einen hohen Anteil an Phosphor, welches zur Brüchigkeit von Stahl führt und somit dessen Qualität negativ beeinflusst. Der englische Metallurg Sidney Thomas entwickelte 1879 ein Verfahren zur Entphosphorisierung des Roheisens, bei dem Kalk als Trennmittel fungiert (Matis und Bachinger 1973). Am Ende dieses Prozesses stand einerseits phosphorbefreites Roheisen, das zur Erzeugung von Stahlprodukten genutzt wurde, sowie eine phosphor- und kalkreiche Schlacke, für die zunächst keine weitere Verwendung vorgesehen war. Diese Schlacke wird in getrockneter und gemahlener Form nach Sidney Thomas als Thomasmehl bezeichnet und enthält durchschnittlich 16–20 % an Phosphorsäure (H_3PO_4) und 40–50 % an Kalk (k.k. Handels-Ministerium 1912). Der zusätzliche Kalkgehalt prädestinierte Thomasmehl zur Anwendung auf sauren Böden, da dieser mit seiner alkalischen Wirkung eine Anhebung des pH-Wertes bewirkt.

Erste Versuche mit Thomasmehl als Dünger erfolgten in den frühen 1880er Jahren durch landwirtschaftliche Versuchsanstalten, welche die positive Wirkung anhand exemplarischer Feldstudien bestätigten (Hotter 1898). Wie aus dem Herstellungskontext ersichtlich ist, kann nur in den Zentren der Stahlerzeugung Thomasmehl im großen Umfang produziert werden. Dies spiegelte sich auch darin wider, dass die wichtigsten Erzeugerländer über große Stahlproduktionen verfügten. Mit der schnell wachsenden Stahlproduktion im späten 19. Jahrhundert stieg auch die Verfügbarkeit von Thomasmehl stark an. Europaweit betrug die jährliche Produktion von Thomasmehl 1899 bereits 1.655.000 Tonnen. Deutschland stellte in diesem Jahr mit 1.009.000 Tonnen den wichtigsten Erzeuger dar, gefolgt von England mit 267.000 Tonnen und Frankreich mit 166.000 Tonnen. Auch hier zeigt sich, dass die größten Produzenten zu den wichtigsten Abnehmern zählten: 1899 wurden in Deutschland 895.500 Tonnen, in Frankreich 170.000 Tonnen und in England 128.000 Tonnen verbraucht (Dudan 1901).

Für die Superphosphatindustrie kam mit dem Thomasmehl ein direktes Konkurrenzprodukt auf, das Einbußen in deren Absatzmärkten mit sich brachte. Die Produktion und der Absatz von Thomasmehl stieg bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs kontinuierlich an: 1910 berichtete das Institut International D'Agriculture in Rom im Rahmen seines Reports über die weltweite Herstellung und Anwendung von Kunstdüngern Folgendes: Die weltweite Thomasmehlproduktion wurde nach wie vor von europäischen Ländern dominiert. Von den weltweit produzierten 2.375.845 Tonnen trug allein Deutschland 2.007.500 Tonnen bei. Frankreich konnte seine Erzeugung auf 334.000 Tonnen steigern, während Belgien mit 488.000 Tonnen nunmehr den zweitgrößten Produzenten darstellte. Die Verbrauchszahlen zeigen, dass diese Länder, wie bereits 1899, auch die wichtigsten Anwender von Thomasmehl waren (Institut International D'Agriculture 1914). Laut diesem Bericht spielten die Vereinigten Staaten keine nennenswerte Rolle, was mit dem Reichtum an Rohphosphaten entlang der südlichen Ostküste zu erklären ist.

Ähnlich wie Superphosphat wurde Thomasmehl für die Anwendung in allen Pflanzenkulturen empfohlen. Durch den hohen Kalkanteil und die verzögerte Abgabe des enthaltenen Phosphors erschien es besonders für die Anwendung auf sauren Moorböden geeignet (Krafft 1888). Durch die geringere Menge an sofort lösbarem Phosphor lagen die Düngeempfehlungen gegenüber dem schnell absorbierbaren Superphosphat entsprechend höher. Pro Hektar Nutzfläche wurde die jährliche

Ausbringung von 400 – 1.200 Kilogramm Thomasmehl empfohlen (Krafft 1888). Diesem Mehrbedarf stand ein vergleichsweise niedriger Preis gegenüber: zwischen 1906 und 1912 kostete Thomasmehl pro Kilogramm enthaltener Phosphorsäure (H_3PO_4) zwischen 31 und 34 Heller (k.k. Handels-Ministerium 1912).

2.2.6 Charakteristika der untersuchten Mineraldünger

An dieser Stelle soll rekapituliert werden, was an den beschriebenen Dünger besonders auffällig ist: Sie sind sowohl in ihrer Herkunft als auch ihrer Zusammensetzung sehr heterogen. Das Aufkommen und die globale Verbreitung dieser fünf Mineraldünger in einem engen Zeitfenster von nur knapp 50 Jahren spiegelt den immensen landwirtschaftlichen Bedarf an neuen, das Nährstoffangebot verbessernden Düngern wider. Diese industriell hergestellten Dünger sind, abgesehen von den frühen auf Knochenmehlbasis hergestellten Superphosphaten, im Gegensatz zu beispielsweise Stallmist, vollkommen losgelöst vom agrarischen Kontext und den in der unmittelbaren landwirtschaftlichen Umgebung verfügbaren Rohstoffen wie Mergel oder Asche.

Allerdings muss die quantitative Bedeutung des Nährstoffangebotes aus industriellen Düngemitteln im Kontext der Gesamtversorgung mit Pflanzennährstoffen gesehen werden. Insgesamt war der Beitrag zur Verbesserung des Nährstoffangebots durch diese neuen Mineraldünger eher gering, wie sich durch eine näherer Betrachtung der Stickstoffversorgung illustrieren lässt: Smil nimmt an, dass durch die „traditionelle“ Einbringung von Stickstoff durch eine intensiv betriebene Leguminosenkultur, Stallmist und Ernterückstände in den Landwirtschaftsbetrieben des 19. Jahrhunderts durchschnittlich bis zu 110 kg N/ha in die Anbauflächen eingebracht werden konnten. Dem gegenüber stand 1900 eine Gesamtmenge von 340.000 Tonnen Stickstoff aus Chilesalpeter und Ammoniak aus der Koks- und Gasproduktion, die nur 1,5 % der weltweiten Stickstoffeinträge ausmachten (Smil 2004). Wenig überraschend wurden daher die mineralischen Dünger in der zeitgenössischen Fachliteratur auch als Hilfsdünger oder relative Dünger bezeichnet, die als Ergänzung zur primären Düngung durch Stallmist dienten (Pabst 1885). Dementsprechend wurden Mineraldünger auch besonders stark in Ländern mit einer hochproduktiven Landwirtschaft eingesetzt. Die anfängliche Pionierrolle Großbritanniens als Guanoimporteur und Haupterzeuger von Superphosphaten geriet bis zum Ersten Weltkrieg in den Hintergrund, zumal dessen Versorgung mit agrarischen Produkten zunehmend durch Importe abgedeckt wurde (Haushofer 1963). Gleichzeitig entwickelte sich Deutschland auf globaler Ebene zu einem der wichtigsten Produzenten und Verbraucher im Bereich aller fünf Dünger. Wie Österreich in diesen Kontext eingebettet werden kann, soll im Rahmen der folgenden Kapitel illustriert werden.

3 Landwirtschaftliche Situation in Österreich-Ungarn

Bevor die Untersuchungsergebnisse aus den durchgeführten Erhebungen zu den mineralischen Düngern in Österreich-Ungarn näher erläutert werden, erscheint es sinnvoll, die Struktur der österreich-ungarischen Landwirtschaft und ihre Entwicklung im Untersuchungszeitraum 1848–1914 kurz zu skizzieren.

3.1 Agrarstruktur Österreich-Ungarns

1914 gestaltete sich das 675.967 km² umfassende Staatsgebiet Österreich-Ungarns nicht nur aus nationaler, sondern auch topographischer Hinsicht sehr heterogen. Dies zeigt sich auch in der landwirtschaftlichen Landnutzung. In den von Gebirgen zerfurchten Alpenländern herrschten Subsistenzwirtschaften mit vergleichsweise geringen Betriebsgrößen vor. Die nordwestlichen Kronländern sowie Ungarn verfügten hingegen über großflächige landwirtschaftliche Unternehmungen. Sogenannte Latifundien mit mehr als 1.000 ha nutzten in Böhmen, Mähren, Schlesien, Galizien und Bukowina 17 bis 22 % der gesamten Landesfläche, in Ungarn 13 % (Hoffmann 1978). Diese Verteilung spiegelt sich auch in den Ackerflächen wider, die Roman Sandgruber für die österreichischen Kronländer im 19. Jahrhundert rekonstruiert hat (vgl. Tabelle 1). Böhmen, Mähren und Galizien verfügten 1897 gemeinsam, mit über 76.390 km², über beinahe 72 % aller Anbaugebiete in der österreichischen Reichshälfte. Für Ungarn berichtet Julianna Puskás, dass im ausgehenden 19. Jahrhundert insgesamt 119.600 km² der Gebietsfläche ackerbaulich genutzt wurden (Puskás 1965).

Tabelle 1 - Ackerflächen der österreichischen Kronländern in 1.000 ha [Quelle: Sandgruber 1978]

	1789	1830/1850	1883	1897
Niederösterreich	740	815	861	861
Oberösterreich	378	424	421	420
Salzburg		68	66	66
Steiermark	352	497	423	423
Kärnten	118	138	142	141
Tirol/Vorarlberg	171	171	149	146
Böhmen	2.244	2.495	2.625	2.622
Mähren	1.067	1.130	1.218	1.217
Schlesien	202	240	255	254
Galizien	3.234	3.446	3.804	3.801
Bukowina		257	288	288
Krain	148	136	147	148
Küstenland	37	139	102	102
Dalmatien		141	137	137
Summe	8.691	10.096	10.637	10.626

Insgesamt standen in Österreich-Ungarn also mit der Jahrhundertwende 225.860 km² Anbaufläche zur Verfügung. Roman Sandgruber charakterisiert Österreich-Ungarn wenig überraschend noch bis zum Ende des 19. Jahrhunderts als reinen Agrarstaat in dem 50 % aller Erwerbstätigen in der Landwirtschaft tätig waren (Sandgruber 1978). Ein Einblick in die Bedeutung einzelner Kronländer für die nationale Nahrungsversorgung bietet sich bei der Betrachtung der Getreideproduktion im Jahr 1912 (vgl. Tabelle 2). Ungarn war der wichtigste Produzent mit einem Anteil von 50,1 % der Weizen- und Roggenproduktion der Doppelmonarchie. Für die österreichische Reichshälfte spiegelt sich, wie bei den Produktionsflächen, auch hier die Relevanz der Landwirtschaft in den nordöstlichen Kronländern wider: Diese lieferten mehr als ein Drittel der gesamten Weizen- und 58 % der Roggenproduktion (Hoffmann 1978).

Tabelle 2 - Anteil der einzelnen Kronländer an der Getreideproduktion Österreich-Ungarns am Beginn des 20. Jahrhunderts. Angaben als Prozentanteil an der Gesamtproduktion [Quelle: Hoffmann 1978]

Gebiet	*Weizen*	*Roggen*
Niederösterreich	9,3%	25,8%
Böhmen	9,8%	21,2%
Mähren	9,1%	18,5%
Galizien	14,9%	18,3%
Ungarn	zusammen 50,1%	

3.2 Innovationen in der Landwirtschaft

Für die Gestaltung der landwirtschaftlichen Produktionsweise ist festzuhalten, dass zwei wesentliche Änderungen neben der Einführung der mineralischen Düngung im 19. Jahrhundert für eine sukzessive Ertragssteigerung verantwortlich waren. Zum einen konnte in der Viehwirtschaft mittels der Sommerstallfütterung, die eine ganzjährige Haltung in Ställen ermöglichte, die Anzahl der Tiere als auch die Menge an Mist und Jauche gesteigert werden (Sandgruber 1978). Gleichzeitig konnte auch die Effizienz der Verwertung von Mist als Dünger durch eine Optimierung von Streumaterialien und der Mistlagerung erreicht werden. Diese Entwicklung begann im England und Flandern des 18. Jahrhunderts und verbreitete sich im Verlauf der nächsten 150 Jahre in den größten Teilen Europas (Wohlschlägl 1978).

Die Grundlage zur Versorgung des Viehs bildete die zweite bedeutende Innovation der landwirtschaftlichen Arbeitsweise im 19. Jahrhundert. Durch die Einführung von neuen Nutzpflanzen, die direkt oder indirekt über anfallende Ernterückstände als Futter verwendet werden konnten, wurde es möglich, die traditionelle Praktik der Dreifelderwirtschaft zu überwinden (Sieferle et al. 2006). Die Dreifelderwirtschaft, bei der eine Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit durch die Einhaltung von spezifischen Fruchtfolgen unter Berücksichtigung von Brachzeiten angestrebt wird, war noch bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts die dominante Bearbeitungsform für Ackerflächen.

Mit dem Ende des 18. Jahrhunderts belief sich der Brachenanteil auf 30 % aller Ackerflächen. 1876 konnte dieser in den österreichischen Kronländern auf 12 %, 1910 sogar auf 3 % reduziert werden (Sandgruber 1978). Somit wurde die jährliche Anbaufläche wesentlich vergrößert, ohne die Ackerfläche insgesamt auszuweiten. Technisch war die Reduktion der Brache durch die Einführung neuer Nutzpflanzen möglich, die in die Fruchtfolge integriert wurden und so die Brache ersetzten. Zu diesen neuen Pflanzen zählten einerseits Hackfrüchte wie Kartoffeln, Rüben oder Mais (Sandgruber 1978). Durch die mechanische Bodenbearbeitung, welche diese Pflanzen erfordern, konnte gleichsam die Bodentextur verbessert werden. Andererseits boten Futterpflanzen aus der Familie der Leguminosen (z.B. Bohnen, Klee), als zweite Gruppe neuer Feldpflanzen, durch ihre Symbiosen mit stickstofffixierenden Knöllchenbakterien eine Quelle für den Eintrag von Stickstoff in die Ackerböden (Smil 2004).

Zu den beiden sich am dynamischsten entwickelnden neuen Ackerbauprodukten gehörten laut Sandgruber die Kartoffel und die Zuckerrübe (Sandgruber 1978). Die Kartoffel ist in dieser Betrachtung besonders interessant, weil sie kalorisch den drei- bis vierfachen Ertrag von Getreide auf der gleichen Anbaufläche ermöglicht. Nachdem die Kartoffelfäule in den 1840er und 1850er Jahren einen Ernteeinbruch mit sich brachte, wurde die Kartoffel in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ein zunehmend populäres Lebensmittel, das vor allem in bevölkerungsreichen ärmeren Regionen auf Akzeptanz stoß (Sandgruber 1978). Die zunehmende Popularität basierte nicht nur auf ihrem Nutzen für die menschliche Ernährung, sondern auch auf ihrem Mehrwert für die Schweinemast und Alkoholherstellung.

Neben der Kartoffel stellte die Zuckerrübe insbesondere für Böhmen und Mähren ab den 1830er Jahren das wichtigste Produkt des Ackerbaus dar. Der Aufbau eigener Rübenzuckerfabriken bot gleichsam einen lokalen Absatzmarkt (Dinklage 1973). Die Abfälle aus dem Zuckerrübenanbau und der Zuckererzeugung konnten als hochwertiges Viehfutter, welches einen wesentlich höheren Nährwert erzielte als Wiesenfutter, verwendet werden. Züchterische Erfolge in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts ermöglichten zudem die Steigerung des Zuckergehalts der Rüben von 2–3 % auf 15 % (Sandgruber 1978). Hackfrüchte konnten somit einerseits nicht nur die Ernährungsbilanz wesentlich verbessern, sondern führten auch zu einer Verbesserung der Bodenfruchtbarkeit und bildeten zudem Futter für den Viehbestand.

Die Bemühungen in der landwirtschaftlichen Intensivierung, die laut Sandgruber großteils auf die beiden ausgeführten Neuerungen des 19. Jahrhunderts zurückzuführen sind, spiegelten sich in den Ernteerträgen wider. Wie in Tabelle 3 ersichtlich ist, kam es in der Getreideproduktion in allen österreichischen Kronländern zu einer langfristigen Ertragssteigerung. Während 1789 durchschnittlich noch mit 800 kg Ertrag pro Hektar Ackerfläche gerechnet wurde, konnte sich diese Menge am Beginn des 20. Jahrhunderts auf 1.310 kg steigern. Besonders ertragreich waren die Gebiete Böhmens und Mährens mit überdurchschnittlichen Ertragswerten von 1.660 kg bzw. 1.480 kg Getreide pro Hektar Anbaufläche (Sandgruber 1978). Eine ähnliche Entwicklung vollzog sich nach Julianna Puskás auch in Ungarn. Dort bewegten sich in den 1870er Jahren die Durchschnittserträge

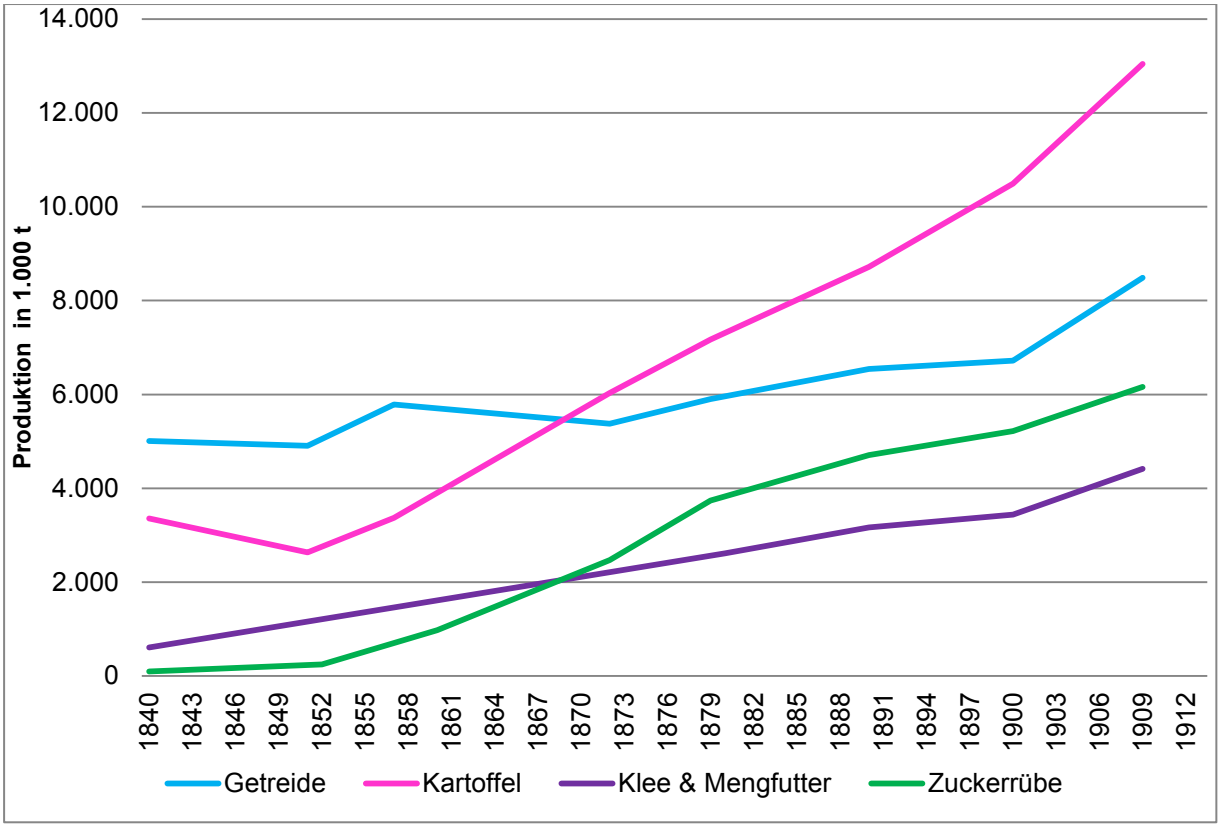
für Weizen bei 608,5 kg, zwischen 1906 und 1910 konnte sich dieses Ergebnis auf 1.199 kg pro Hektar steigern (Puskás 1965).

Tabelle 3 - Ertrag pro Hektar für Getreide 1789 bis 1913 nach Kronländern. Mittelwerte in 100 kg/ha [Quelle: Sandgruber 1978]

	1789	1830/50	1869/75	1876/85	1886/95	1895/04	1904/13
Niederösterreich	7,7	9,4	10,1	10,4	12,4	13,0	13,6
Oberösterreich	6,7	10,0	10,2	10,8	12,7	11,7	12,6
Salzburg		8,8	9,3	10,3	10,2	10,5	11,4
Steiermark	6,7	7,9	10,7	11,0	10,9	10,2	11,1
Kärnten	6,7	7,9	12,6	12,3	10,9	9,0	11,1
Tirol/Vorarlberg	11,5	12,4	11,6	11,2	11,0	10,3	13,4
Böhmen	7,7	10,5	9,9	11,1	12,2	12,5	16,6
Mähren	8,6	10,0	8,9	10,1	10,4	12,5	14,8
Schlesien	7,7	8,9	8,3	8,9	9,2	10,0	11,8
Galizien	8,6	8,1	7,0	7,7	7,5	8,2	10,8
Bukowina			9,2	8,5	10,5	12,3	13,1
Krain	7,7	6,9	8,7	8,6	9,4	9,3	9,4
Küstenland	7,7	5,0	5,8	8,8	8,6	6,2	8,3
Dalmatien		3,8	6,2	10,5	8,8	6,4	10,9
Durchschnitt	8,0	9,1	8,7	9,5	10,1	10,7	13,1

Zusammenfassend kamen im 19. Jahrhundert zusätzlich zu den industriell hergestellten Kunstdüngern vor allem auch biologische Innovationen in der Landwirtschaft zum Tragen: Neben neuen Nutzpflanzen und Fruchtfolgen bewirkte die bessere Verfügbarkeit von Viehmist als hofeigenem Dünger eine Modernisierung in der traditionellen Landwirtschaft. Dies spiegelte sich in deren Ertragssituation wider. Gleichzeitig ermöglichte die Abschaffung der Leibeigenschaft im Jahr 1848 das Aufbrechen von feudalen Agrarstruktur und das Aufkommen vo
n marktwirtschaftlich orientieren Großbetrieben (Hoffmann 1978). In Abbildung 3 ist die Produktionsentwicklung für die wichtigsten Ackerbauprodukte des 19. Jahrhunderts dargestellt, wobei die massivsten Zunahmen bei den „neuen“ Feldfrüchten Kartoffel, Klee & Mengfutter (Viehfutterpflanzen) und Zuckerrübe zu verzeichnen sind.

Abbildung 3 – Gesamtproduktion von Getreide, Kartoffel, Klee & Mengfutter und Zuckerrübe in der österreichischen Reichshälfte im Zeitraum 1840 – 1912 (Angaben in 1.000 Tonnen) [Quelle: Sandgruber 1978]



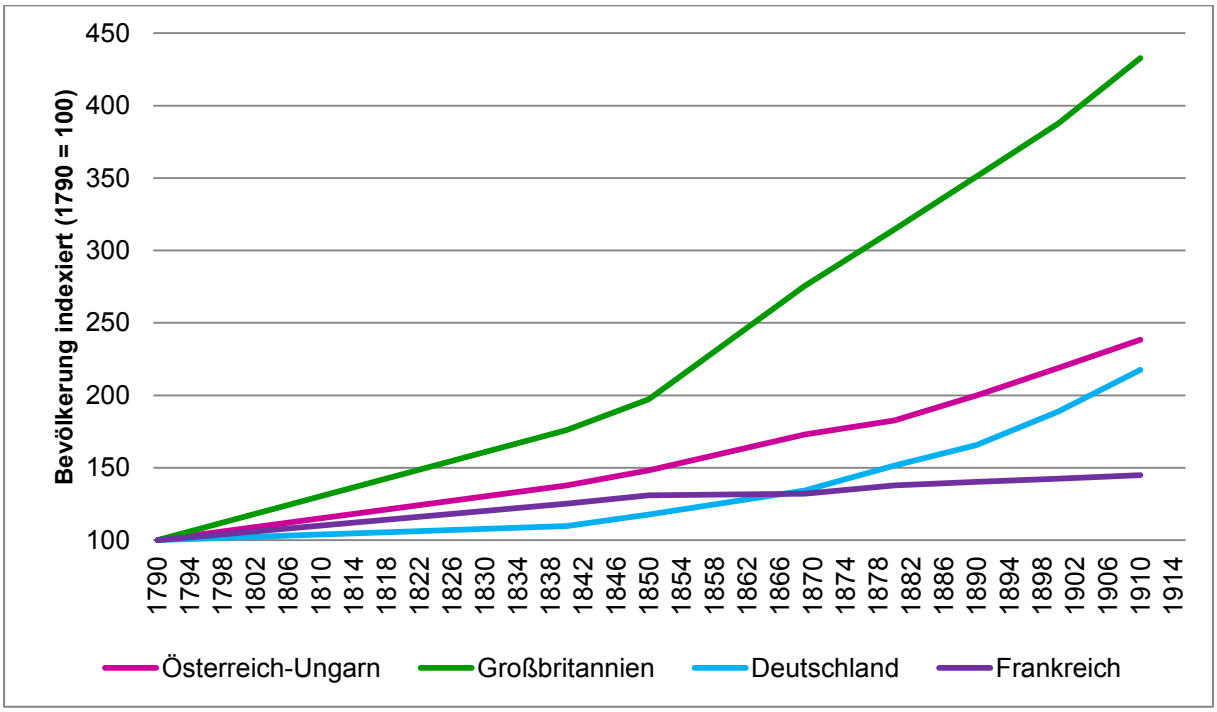
3.3 Gesellschaftliche Rahmenbedingungen

Roman Sandgruber betont jedoch, dass diese großen landwirtschaftlichen Änderungen im Vergleich zu anderen europäischen Länder vergleichsweise spät erfolgten (Sandgruber 1978). Eine Ausnahme stellte der Großgrundbesitz in Böhmen dar: Gerade für die Latifundien wurden dort bereits früh geschulte Verwalter eingesetzt, die am Betreiben von progressiver Landwirtschaft interessiert waren. Als Grund für das verzögerte Aufkommen von landwirtschaftlichen Innovationen schätzen auch andere Autoren die erst ab Mitte des 19. Jahrhunderts breitflächig in Österreich-Ungarn einsetzende Industrialisierung ein.(vgl. Sieferle et al. 2006). Mit den damit verbundenen Tendenzen zur Urbanisierung, einem starken Bevölkerungswachstum sowie der beruflichen Verlagerung der Erwerbstätigen in gewerbliche Sektoren kam es erstmals zu einem Bedarf für eine landwirtschaftliche Mehrproduktion (Sandgruber 1978). Mit der Industrialisierung setzte zudem die Expansion des Eisenbahnnetzes ein, welche Nahrungsmitteltransporte über längere Strecken für den in- und ausländischen Bedarf wirtschaftlich rentabel machte.

Abschließend soll in diesem Kapitel die Bevölkerungsentwicklung Österreich-Ungarns im 19. Jahrhundert betrachtet werden, die wesentlich für die steigende Nachfrage nach Agrarprodukten war. Wie aus Abbildung 4 ersichtlich ist, kam es in allen angeführten Ländern während dieser Zeit zu einem Wachstum der

Bevölkerung. Für Österreich-Ungarn ist zu beachten, dass mit dem Wiener Kongresses 1814/15 Gebietszuwächse in Galizien, Dalmatien, Salzburg und der Lombardei einhergingen. Zwischen 1850 und 1910 stieg die Bevölkerung in Österreich-Ungarn in absoluten Zahlen von ca. 30 Millionen auf knapp 50 Millionen Einwohner an. Dieses Bevölkerungswachstum war im 19. Jahrhundert hinter dem von Großbritannien das zweithöchste Europas. Angesichts dieser Zunahme muss davon ausgegangen werden, dass es einen entsprechend steigenden Bedarf an Nahrungsmitteln zur Versorgung der lokalen Bevölkerung gab, der insbesondere ab der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts stark zunahm.

Abbildung 4 – Bevölkerungsentwicklung in Europa 1790 - 1914, indexierte Darstellung: 1790 = 100 [Quellen: Hoffmann 1965, Meyers 1983, Mitchell 1994, Sandgruber 1978]



4 Verfügbarkeit von Mineraldüngern in Österreich-Ungarn

Im Rahmen der Erhebung der in Österreich-Ungarn verbrauchten Mengen an industriellen Düngemitteln konzentriert sich diese Arbeit, wie bereits angeführt, auf die fünf Mineraldünger Guano, Chilesalpeter, Kalisalz, Superphosphat und Thomasmehl. Der Grund für diese Auswahl liegt darin, dass diese Produkte den weitaus größten Marktanteil aller im 19. Jahrhundert aufkommenden industriell hergestellten Dünger ausmachten.

Durch die hohe Nachfrage nach neuen Produkten zur Erhöhung der Bodenfruchtbarkeit traten während des Untersuchungszeitraums biogene Dünger, wie beispielsweise Blutdünger oder Fischguano, genauso wie andere mineralische Dünger, in den Markt ein. Für diese anderen mineralischen Dünger ist insbesondere Ammoniumsulfat zu nennen. Dabei handelt es sich um ein Nebenprodukt der kohlebasierten Leuchtgas – und Koksherstellung. Bei der Verbrennung von Kohle wird Ammoniak (NH_3) als Gas freigesetzt. Durch die Beigabe von Schwefelsäure entsteht ein Salz, das Ammoniumsulfat genannt wird. Dieses wurde aufgrund seines hohen Stickstoffanteils von ca. 24 % als Mineraldünger vertrieben (Smil 2004). In Österreich war Ammoniumsulfat ausschließlich als Nebenprodukt der inländischen Leuchtgasindustrie erhältlich (k.k. Handels-Ministerium 1912). Diese anderen Dünger werden in der vorliegenden Untersuchung nicht behandelt, da sie nur in einem vergleichsweise geringen Ausmaß Anwendung fanden.

4.1 Quellenmaterial und methodische Vorgehensweise

Ein wichtiges Ziel dieser Forschungsarbeit ist es, quantitative Angaben zum Gebrauch von mineralischen Düngern in Österreich während des Zeitraums 1848–1914 anhand von schriftlichen Quellen zu rekonstruieren. Nachdem es keine einheitlichen Aufzeichnungen zum Verbrauch gibt, wurde folgendes Prozedere zur Gewinnung von Konsumdaten in Österreich-Ungarn angewendet: Der inländische Verbrauch errechnet sich aus der lokalen Produktion plus der Importe, abzüglich der Exporte. Da Exporte von mineralischen Düngern in Österreich-Ungarn nur in äußerst geringem Umfang erfolgten, konzentriert sich diese Arbeit auf die Erfassung der Produktion und der Importe. Die Daten zu den Importe wurden systematisch für die Jahre 1848–1914 erhoben, Daten über Produktion und Anwendung konnten punktuell aus zeitgenössischen Quellen, wie Landwirtschaftsperiodika, amtlichen Protokollen und Statistiken, entnommen werden.

Als sehr konsistent und durchgehend verfügbar erwiesen sich die Informationen über die importierten Mineraldünger. Hierfür wurde auf die jährlich unter den Titeln „Ausweise über den Handel von Oesterreich im Verkehr mit dem Auslande“ bzw. „Ausweise über den auswärtigen Handel der österr. ung. Monarchie“ erschienenen Publikationen des Statistischen Zentralamts zurückgegriffen (vgl. Handelsministerium 1842-1868 & k.k. Handelsministerium 1869-1914). Generell wurden die untersuchten Stoffe vielfach in unterschiedlichen, über die Zeit wechselnden Produktgruppen zusammengefasst, die oft nicht eindeutig auf die Verwendung als Düngemittel hinweisen. Wichtige Produktgruppen sind in diesem Zusammenhang „Chemische

Hilfsstoffe bzw. Produkte“, „Abfälle“. Im Posten „künstliche Dungmittel“ wurden zwischen 1879 und 1905 Thomasmehl, Superphosphate und andere künstlich erzeugte Dünger aggregiert erfasst. Kalisalze wurden teilweise eigenständig ausgewiesen, aber langfristig als „Dungsalze“ erhoben. Zwischen 1905 und 1914 wurden Chilesalpeter, Kalisalze, Superphosphat und Thomasmehl jedoch eigenständig erfasst. Über die genaue Vorgehensweise, wie mit aggregierten Posten (künstliche Dungmittel) umgegangen wurde, und die Zeitpunkte, ab denen die einzelnen Dünger erhoben wurden, wird in den einzelnen Unterkapiteln des Abschnitts 4.2 näher eingegangen.

Bei der Erstellung der Statistiken wurde für diese Arbeit auf die importierten Mengen zurückgegriffen. Die Posten, die als Durchfuhrware deklariert waren, wurden nicht berücksichtigt. Ebenso flossen Exporte nicht in die Berechnung ein, da diese für Dünger mit ausländischem Ursprung sehr gering waren und auch die lokale Produktion für den inländischen Markt produzierte, wie in Kapitel 4.3 näher beschrieben wird.

Für die inländische Produktion gibt es keine systematischen Aufzeichnungen zu den tätigen Unternehmen und der Menge an erzeugtem Dünger. Als wichtigste Quelle erwies sich die Publikation „Verhandlungen der vom k.k. Handelsministerium veranstalteten Kartellenquete, Sektion Kunstdünger“, welche im Rahmen der Kartellverhandlungen 1912 in Wien entstand. Darin berichten Vertreter der inländischen Düngerindustrie über die vergangenen Entwicklungen in ihrer Branche und geben punktuell auch konkrete Produktionsziffern bekannt. Zusätzlich wurden diese Informationen mit Zahlen aus Berichten in landwirtschaftlichen Periodika und agrarwissenschaftlichen Publikationen ergänzt. Aus diesen Quellen ging auch hervor, dass aus logistischen Gründen und durch die hohen Produktionskosten nur für den inländischen Markt produziert wurde. Anders als bei den Importen konnte aus diesem Zahlenmaterial keine durchgehende Zeitreihe mit den produzierten Mengen an Kunstdüngern erstellt werden. Datenlücken wurden linear interpoliert. In Kapitel 4.3 wird in den einzelnen Subkapiteln näher auf den Umfang der Interpolation eingegangen.

Basierend auf den soeben beschriebenen Datenerhebungen aus Import und der inländischen Produktion konnte bestimmt werden, in welchem Umfang die untersuchten Mineraldünger für die Anwendung in Österreich-Ungarn insgesamt verfügbar waren. Die Düngermenge wurde in einem zweiten Schritt durch Verwendung von Angaben zu den entsprechenden Nährstoffgehalten aus der zeitgenössischer Literatur auf die Reinnährstoffgehalte an Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) umgerechnet. Um eine bessere Vorstellung von der Bedeutung der errechneten Nährstoffmengen zu erhalten, wurde versucht diese Nährstoffmengen auf verschiedene Anbauflächen zu beziehen. Als Grundlage dienten die Ackerflächen in Österreich-Ungarn, wie sie von Sandgruber und Puskás bzw. Gunst rekonstruiert wurden. Nachdem sich im Laufe der Recherche herausstellte, dass Mineraldünger vor allem im Kontext großer agrarischer Unternehmungen angewendet wurde, erschien es sinnvoll, die angewendete Düngermenge bzw. die Reinnährstoffe auf die Ackerflächen, die in Landwirtschaften mit mehr als 50 ha Ackerland bewirtschafteten, anzuwenden. Zusammenfassend war es somit aus quantitativer Sicht möglich, Angaben über die Bedeutung der einzelnen

Mineraldünger zu treffen. Zum Vergleich wurden Verbrauchszahlen anderer europäischer Länder, die in der Publikation „Production et Consommation des Engrais Chimiques dans le Monde“ 1914 vom Institut International D'Agriculture in Rom veröffentlicht wurden, herangezogen (vgl. Institut International D'Agriculture 1914).

Dieses Kapitel wird auf die Ergebnisse dieser quantitativen Bestrebungen eingehen. Eine Diskussion der Ergebnisse mit der Einbeziehung der zeitgenössischen Rezeption von Kunstdüngern und der Erläuterung möglicher Gründe, die für oder gegen eine Anwendung sprachen, folgt in Kapitel 5. Für diese qualitativ orientierte Rahmung der quantitativ erhobenen Zahlen dienten primär landwirtschaftliche Periodika. Darüber hinaus erwiesen sich die bereits erwähnte Publikation des k.k. Handelsministeriums zur Düngerkartellverhandlung und zeitgenössische agrarwissenschaftliche Werke als wertvolle Ressourcen.

4.2 Ergebnisse zu den Importen

Im folgenden Kapitel werden die Ergebnisse, die sich aus den Erhebungen für die Importe von Guano, Chilesalpeter, Kalisalzen, Superphosphaten und Thomasmehl ableiten ließen, zusammengefasst. Die Besprechung der Importe erfolgt als Erstes, weil die dafür vorhandenen Daten im Vergleich zu jenen der inländischen Produktion wesentlich umfangreicher sind.

Wie sich herausstellte, wurde Guano nicht als eigens ausgewiesenes Gut in der Außenhandelsstatistik geführt. 1853 findet sich im Stichwortregister der „Ausweise über den Handel von Oesterreich im Verkehr mit dem Auslande“ (Handelsministerium 1854) Guano als Teil des Postens „Abfälle“ gemeinsam mit biogenen und gewerblichen Abfallprodukten wie Destillationsrückständen (Schlempe) oder Steinkohlenasche. Auch in den landwirtschaftlichen Periodika findet sich kein Hinweis darauf, wie hoch der Guanoimport in Österreich-Ungarn war. Folgendes Zitat aus einem Beitrag der Wiener Landwirtschaftlichen Zeitung lässt jedoch darauf schließen, dass Guano während seines Abbauzeitraums von 1849–1879 nur in geringem Umfang importiert wurde:

> „Ein großartiger Verkehr in Düngestoffen hat sich entwickelt und der Markt notiert seine Schwankungen wie diejenigen des Goldwerthes und der Baumwolle; der mährische Zuckerrübenbauer düngt sein Feld mit Würfelsalpeter aus Chili, der sächsische mit Seevogelresten aus der Südsee.“ (Hamm 1873).

Wie aus diesem Zitat hervorgeht, wurde im angrenzenden Sachsen sehr wohl auf Guano zurückgegriffen, während in Mähren Chilesalpeter zur Deckung des Stickstoffbedarfs herangezogen wurde. Im Hinblick auf die globalen Handelsmuster ist zu beachten, dass Großbritannien und die Vereinigten Staaten die bei weitem wichtigsten Importeure von Guano waren (vgl. Kapitel 1.2.1) und diesen auch großteils für den eigenen landwirtschaftlichen Bedarf nutzen. So wurden beispielsweise 1851 von den 243.000 nach England importierten Tonnen nur 30.419

Tonnen wieder exportiert. Gleichzeitig betrug in diesem Jahr der gesamte Verbrauch in Sachsen 3.039 Tonnen, wobei die Importe mit wenigen Ausnahmen primär über Großbritannien erfolgten (Vogel 1860). Diese Größendimensionen lassen darauf schließen, dass außerhalb von Großbritannien nur eine geringe Menge Guano in den europäischen Ländern angeboten werden konnte. Entsprechend muss Guano aus globaler Sicht als limitiert verfügbare Ressource betrachtet werden, die nur in wenigen Ländern zur Anwendung kam. Der Bezug war in Österreich-Ungarn über Düngerhändler in Hamburg möglich (Stummer-Traunfels 1870), eigene direkte Handelsverbindungen mit Peru oder Großbritannien existierten für Guano nach den hier getätigten Erhebungen nicht.

Wie die Ausführungen in diesem Kapitel zeigen werden, kann eine massive Steigerung des Mineraldüngerimports erst in den 1880er Jahren festgestellt werden. Die peruanischen Guanolager waren allerdings bereits in den frühen 1870er Jahren ausgeschöpft, weshalb dieser Mineraldünger zur gleichen Zeit vom Markt verschwand. Deshalb ist davon auszugehen, dass Guano durchaus punktuell importiert worden ist, das Ausmaß speziell in Hinsicht auf die Mineraldüngerverfügbarkeit in Österreich-Ungarn nach 1880 jedoch als sehr gering einzuschätzen ist.

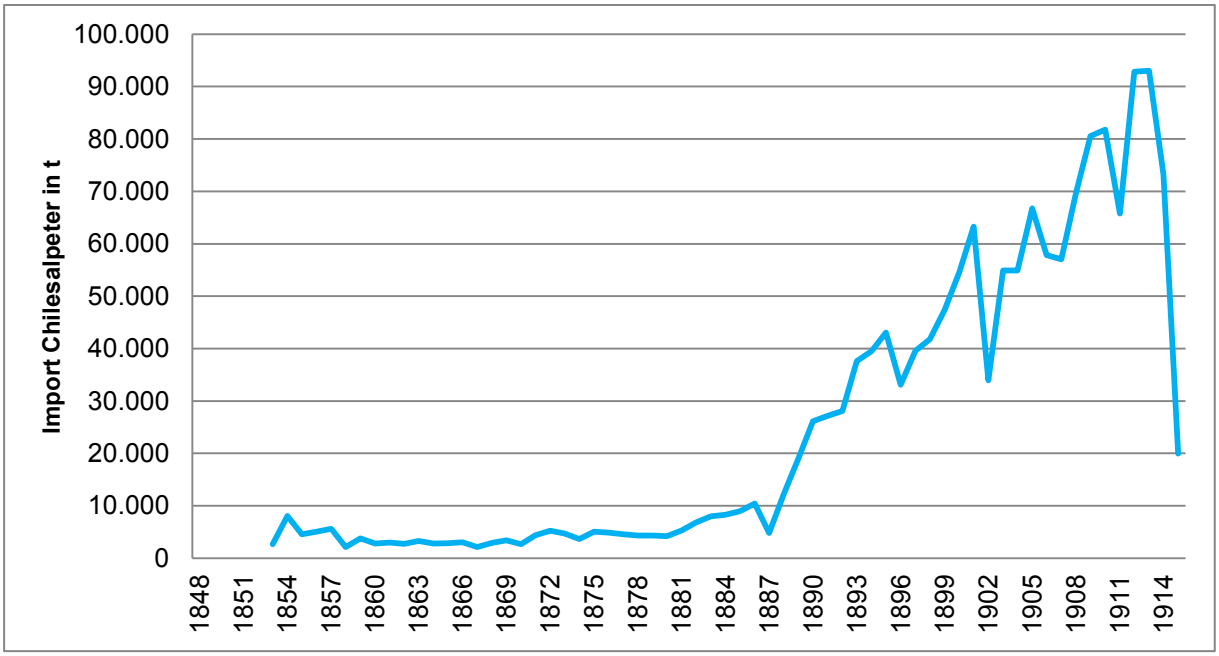
4.2.1 Chilesalpeter

Chilesalpeter wurde in der österreichischen Außenhandelsstatistik ab 1858 als eigener Posten angeführt. Seit 1853 wurde Chilesalpeter als Teil der Materialgruppe „Braunstein, Chilisalpeter, Schwerspath, roh und gemahlen“ erfasst (Handelsministerium 1854), während der Jahre 1854–1857 zusammen mit „Schwefel und Schwefelblüte“ als ein gemeinsamer Posten (Handelsministerium 1855 bis 1858). Die in Abbildung 5 dargestellte Entwicklung der Importe entspricht somit bis zum Jahr 1857 nicht alleinig den Mengen an eingeführtem Chilesalpeter, sondern bildet die gesamte Menge der in diesem Posten erfassten Stoffe ab. Während der gesamten Zeitreihe von 1853 bis 1914 wurde Chilesalpeter in der Überkategorie „Chemische Hilfsstoffe“ erfasst. Die ursprüngliche Herkunft der Importe ist zur Gänze auf Chile zurückzuführen Die tatsächliche Einfuhr erfolgte in den frühen Jahren unter anderem direkt über den Handelshafen in Triest. Dessen Rolle geriet allerdings gegenüber dem Import von Chilesalpeter über Sachsen zunehmend in den Hintergrund: Während 1864 noch 38,4 % via Triest und 57,2 % via Sachsen importiert wurden, bewegte sich der Anteil aus Triest 1869 nunmehr bei 4 %, während Sachsen für 89 % der Importe verantwortlich war (k.k. Handelsministerium 1865 & 1870).

Festzuhalten ist, dass Chilesalpeter nicht zur Gänze im landwirtschaftlichen Kontext genutzt wurde. 1910 wurden 81.781 Tonnen Chilesalpeter nach Österreich-Ungarn eingeführt, wovon 60.000 Tonnen für landwirtschaftliche Zwecke verwendet wurden, während der Rest primär der Herstellung von Schießpulver diente (k.k. Handels-Ministerium 1912). Für die Erhebung der Importe wurde die gesamte Menge an Chilesalpeter, unabhängig von dessen Anwendungskontext, herangezogen. Bei der Berechnung der Anwendung von Chilesalpeter als Dünger wurde allerdings nur das landwirtschaftlich genutzte Chilesalpeter berücksichtigt (vgl. Kapitel 4.4). An dieser

Stelle sei auf den Vergleich der nach Österreich-Ungarn importierten Mengen im europäischen Kontext verwiesen: 1911 wurden weltweit 2.450.580 Tonnen Chilesalpeter exportiert, davon 780.934Tonnen nach Deutschland, 327.707 Tonnen nach Belgien und 317.730 Tonnen nach Frankreich. Der österreichische Anteil am weltweiten Import lag 1911 mit 65.781 Tonnen nur bei knapp 2,7 % (Institut International D'Agriculture 1914).

Abbildung 5 – Import von Chilesalpeter in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen)



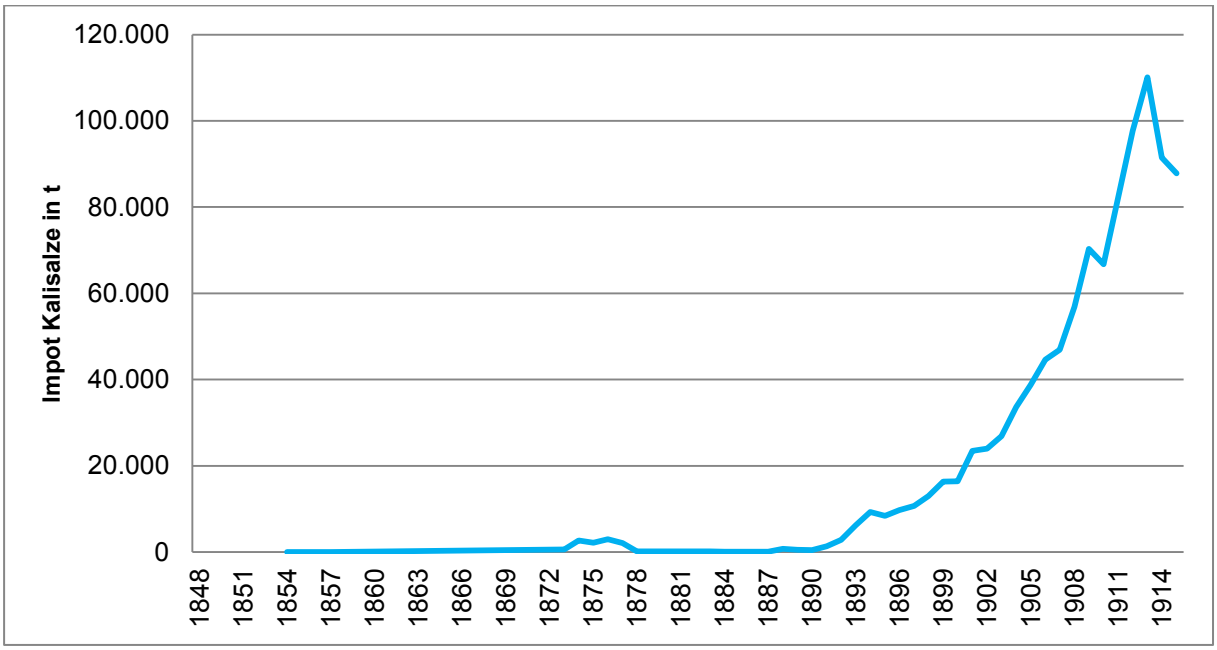
Der südamerikanische Salpeterkrieg in den Jahren 1879–1884 (siehe Kapitel 1.2.2) führte offenbar zu keinem Rückgang in den Importen von Österreich-Ungarn. Abgesehen vom Jahr 1902, in dem ein Rückgang der Einfuhr von 63.283 Tonnen des Vorjahrs auf 33.958 Tonnen zu verzeichnen ist, kann bis 1914 eine kontinuierliche Steigerung des Chilesalpeterimports beobachtet werden. Für 1902 konnten im Zuge der Recherchen keine Anhaltspunkte für Gründe gefunden werden, welche diesen kurzfristigen Einbruch verursacht haben könnten. Auch auf der Seite des Exports gab es in Chile zu diesem Zeitraum keinen Rückgang. Die Importe konnten 1903 wieder an die Mengen von 1901 anschließen. Der Einbruch im Jahr 1914 ist mit dem Ausbruch des Ersten Weltkrieges und den damit verbundenen Handelsembargos, die besonders Überseetransporte betrafen, zu erklären. Im ersten Jahr der eigenständigen Erhebung von Chilesalpeter (1858), betrug der Import nach Österreich-Ungarn noch 2.132 Tonnen. Diese Menge steigerte sich bis 1913 um mehr als das 43-fache auf 92.838 Tonnen.

4.2.2 Kalisalze

Kalisalze wurden unter dem Überbegriff „Dungsalze" seit 1873 als eigenständiger Posten in der Außenhandelsstatistik in der Kategorie „Chemische Hilfsstoffe" erfasst.

Wie sich anhand den Aufstellungen zur Einfuhr von Produkten des deutschen Kalisyndikats erkennen lässt, bezieht sich Dungsalz zumindest seit 1895 in erster Linie auf Kalisalze aus den deutschen Abbaugebieten: 1895 belief sich laut den Angaben des Syndikats von den insgesamt 9.279 Tonnen des nach Österreich-Ungarn importierten Dungsalzes der Anteil von Kalisalzen aus Deutschland auf 8.263 Tonnen. Dieser Anteil erweist sich als konsistent, 1910 waren von den 70.336 Tonnen importierten Dungsalzes 59.776 Tonnen auf deutsches Kalisalz zurückzuführen (k.k. Handels-Ministerium 1912). Basierend auf diesen Zahlen wird in dieser Arbeit also das importierte Dungsalz mit Kalisalzen gleichgesetzt. In den Jahren 1889–1905 wurden überdies Kalisalze mit einem Gehalt von mehr als 40 % Kalium (K_2O) gesondert ausgewiesen. Diese Mengen, die sich in einem jährlichen Umfang von 10 bis 280 Tonnen bewegten, wurden zu den explizit ausgewiesenen Dungsalzen addiert. Die Ergebnisse der Erhebung sind in Abbildung 6 grafisch zusammengefasst.

Abbildung 6 – Import Dungsalze (Kalisalze) in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen)



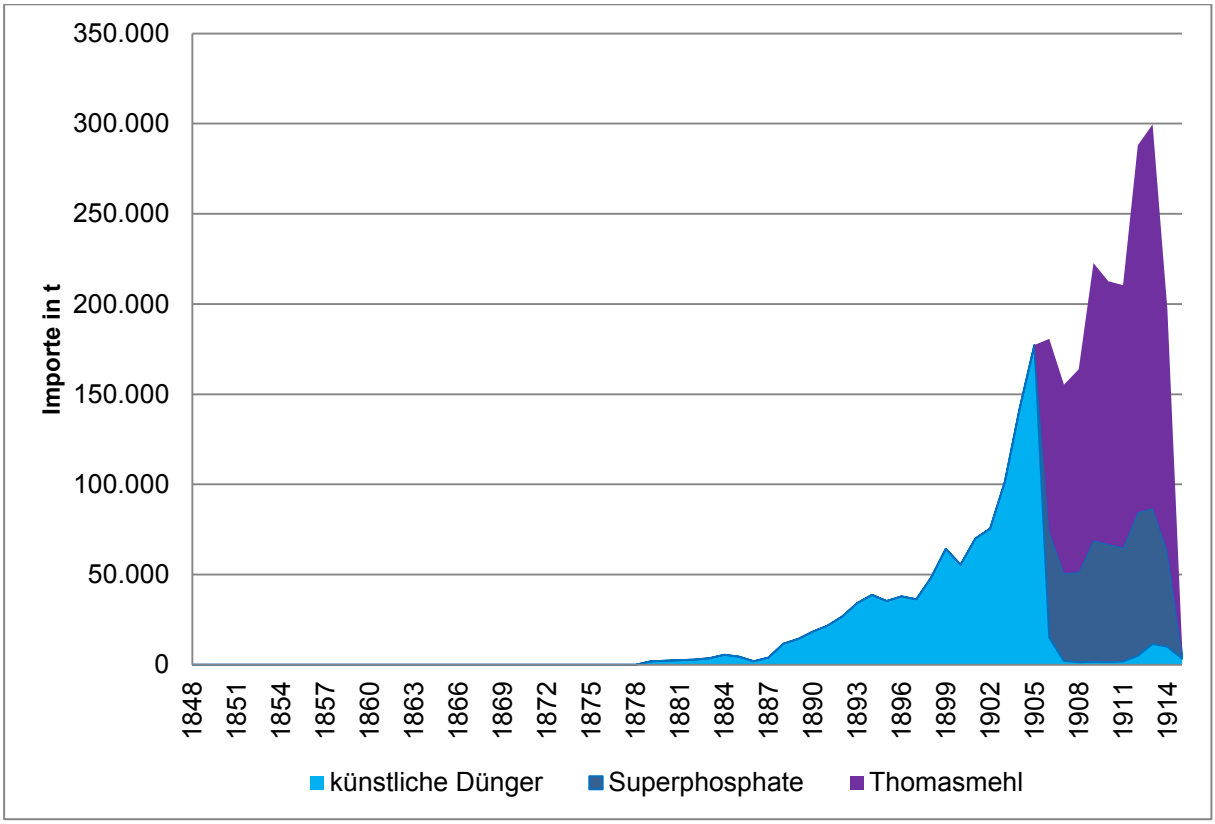
Während in der Periode von 1873 bis 1878 das Niveau der Importe kurzzeitig über 2.000 Tonnen betrug, gab es einen gut sichtbaren Einbruch in den Jahren 1879–1891. In diesem Zeitraum wurden unter den Dungsalzen weniger als 500 Tonnen pro Jahr ausgewiesen. Dies ist nicht unbedingt mit einem Rückgang der Importe verbunden. Die Ursache für diese Unregelmäßigkeit könnte in der formalen Deklarierung liegen. 1879 wurde erstmals der Posten „andere Dungmittel“ neben den künstlichen und tierischen Dungmitteln angeführt (k.k. Handelsministerium 1880). Nach der Auflösung dieses Postens wurde zu Beginn der 1890er Jahre eine massive Steigerung des Dungsalzimports verzeichnet. Diese Steigerung beginnt 1892 mit einer Importmenge von 1.614 Tonnen, welche sich innerhalb der nächsten zehn Jahre auf 23.517 Tonnen steigerte. 1913 erreichte der Kalisalzimport mit 110.069 Tonnen seinen Höhepunkt. Insgesamt steigert sich der Import zwischen 1892 und 1913 also beinahe um das Hundertfache. Mit dem Ausbruch des Ersten Weltkriegs

reduzierte sich der Import 1914 auf eine Menge von 91.478 Tonnen. Wie aus einem Bericht des Institut D'Agriculture in Rom hervorgeht, war Deutschland mit seinen Staßfurter Vorkommen der weltweit dominante Exporteur von Kalisalzen: 1912 wurden von den nach Österreich-Ungarn importierten 97.721 Tonnen allein 97.681 aus Deutschland bezogen (Institut International D'Agriculture 1914). Für den gesamten Untersuchungsraum wurden 891.816 Tonnen Kalisalze nach Österreich-Ungarn eingeführt, was diese nach Thomasmehl zum zweithäufigst importierten Mineraldünger macht.

4.2.3 Superphosphat

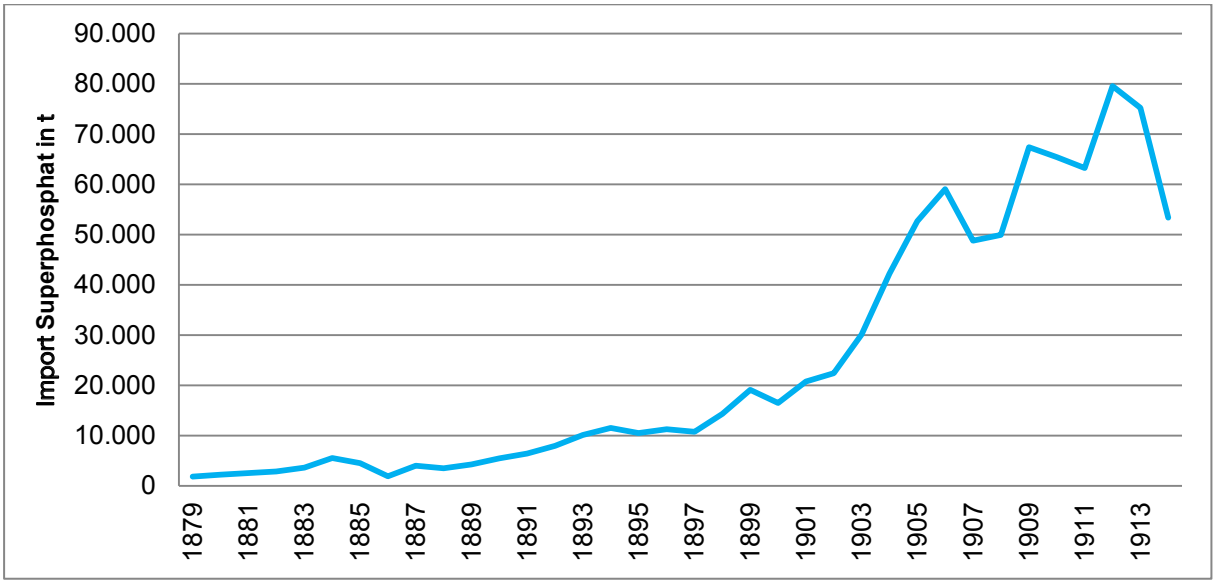
Eine eigenständige Ausweisung von Superphosphaten als Posten in der Außenhandelsstatistik lässt sich erst mit einer Umstellung des Erfassungsmusters ab März 1906 feststellen. Davor war Superphosphat als Teil des Postens „Künstliche Dungmittel (nicht aus Salzgemengen)" in der Kategorie „Abfälle" ausgewiesen (k.k. Handelsministerium 1906). Hier ist der Anteil von Superphosphaten leider nicht näher erläutert. Angesichts des in Abbildung 7 dargestellten Vergleichs der ab 1906 berichteten Mengen an Thomasmehl, Superphosphat mit dem bis dahin erfassten Aggregat von künstlichen Dungmitteln erscheint es naheliegend, dass mineralische Phosphatdünger einen Großteil des vorigen Erhebungspostens ausmachten. Für den Zeitraum vor 1906 kann die Importmenge nur punktuell nachverfolgt werden: 1899 wurden laut dem k.k. Handelsministerium 30.000 Tonnen Superphosphate nach Österreich eingeführt (k.k. Handelsministerium 1912). Eine eigenständige Anführung von Superphosphat und Thomasmehl in den Importaufzeichnungen ab 1906 legt nahe, dass diese beiden Dünger am Beginn des 20. Jahrhunderts massiv an Bedeutung gewannen. 1906 wurden 59.001 Tonnen an behandelten Phosphaten im Import ausgewiesen, bis zum Ende des Untersuchungszeitraums ist eine Zunahme zu verzeichnen, welche 1912 mit einem Jahresimport von 79.531 Tonnen ihren Höhepunkt fand.

Abbildung 7 – Import von künstlichen Dungmitteln, Superphosphat und Thomasmehl in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen)



Um für die weiteren Untersuchungen dennoch konkrete Zahlen für den Superphosphatimport vor 1906 zu gewinnen, wurde folgende Annahme getroffen: Zwischen 1879 und 1887 wurden die „Künstlichen Dungmittel“ zur Gänze dem Superphosphat zugerechnet. Für 1888–1905 wurde der Posten gemäß dem Verhältnis von 1906, als Superphosphat und Thomasmehl zum ersten Mal separat erfasst wurden, aufgeteilt. Dies ergibt eine Relation von 33,3 % zu 66,6 %. Die Ergebnisse dieser Berechnung für den Superphosphatimport sind in Abbildung 8 zu sehen.

Abbildung 8 – Import von Superphosphaten in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1878-1914 (Angaben in Tonnen)



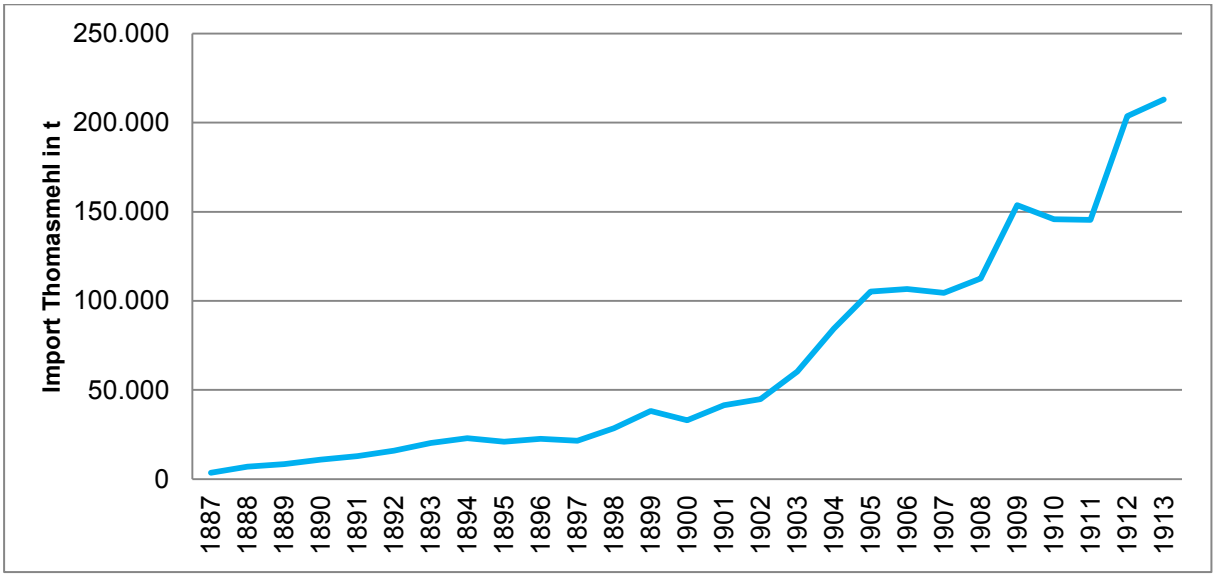
Das primäre Herkunftsland des eingeführten Superphosphats war, ähnlich wie bei Kalisalzen und Thomasmehl, Deutschland: 1912 stammten 65.936 Tonnen aus Deutschland, was 83 % des gesamten Imports entspricht. Aus den Niederlanden, als zweitwichtigstem Bezugsland für Österreich-Ungarn, wurde im selben Jahr mit 5.808 Tonnen eine vergleichsweise geringe Menge bezogen (Institut International D'Agriculture 1914).

4.2.4 Thomasmehl

Wie Superphosphat ist auch Thomasmehl erst ab 1906 separat ausgewiesen, nachdem es zuvor der Kategorie „Künstliche Dungmittel" zugerechnet wurde. Für den Zeitraum vor 1906 sind nur punktuell Daten zum Thomasmehlimport in Österreich vorliegend: 1887 wurden 3.616 Tonnen Thomasphosphat aus Deutschland importiert, 1899 steigerte sich die Einfuhr auf eine jährliche Menge von 29.000 Tonnen, wovon 27.000 Tonnen aus Deutschland und 2.000 aus Frankreich stammten (Dudan 1901).

Mit dem Beginn der eigenständigen Ausweisung steigerte sich der Import 1906 auf 106.668 Tonnen. Den Höhepunkt erreichte die Einfuhr im Jahre 1913 mit einer Einfuhrmenge von 212.880 Tonnen. Wie im vorigen Kapitel 4.2.3 bereits ausgeführt, wurde für die Berechnung der Einfuhrmengen vor 1906 eine Relation von 33,3 % Superphosphat und 66,6 % Thomasmehl für den Posten „Künstliche Dungmittel" angenommen. Diese Annahme wurde ab dem Jahr 1888 getroffen, dem ersten Jahr, wo Thomasmehl auch im Inland produziert wurde. Für 1887 wurde auf den Wert von 3.616 Tonnen (Dudan 1901) zurückgegriffen. In Abbildung 9 ist die Entwicklung des Imports grafisch dargestellt.

Abbildung 9 – Import von Thomasmehl in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen)



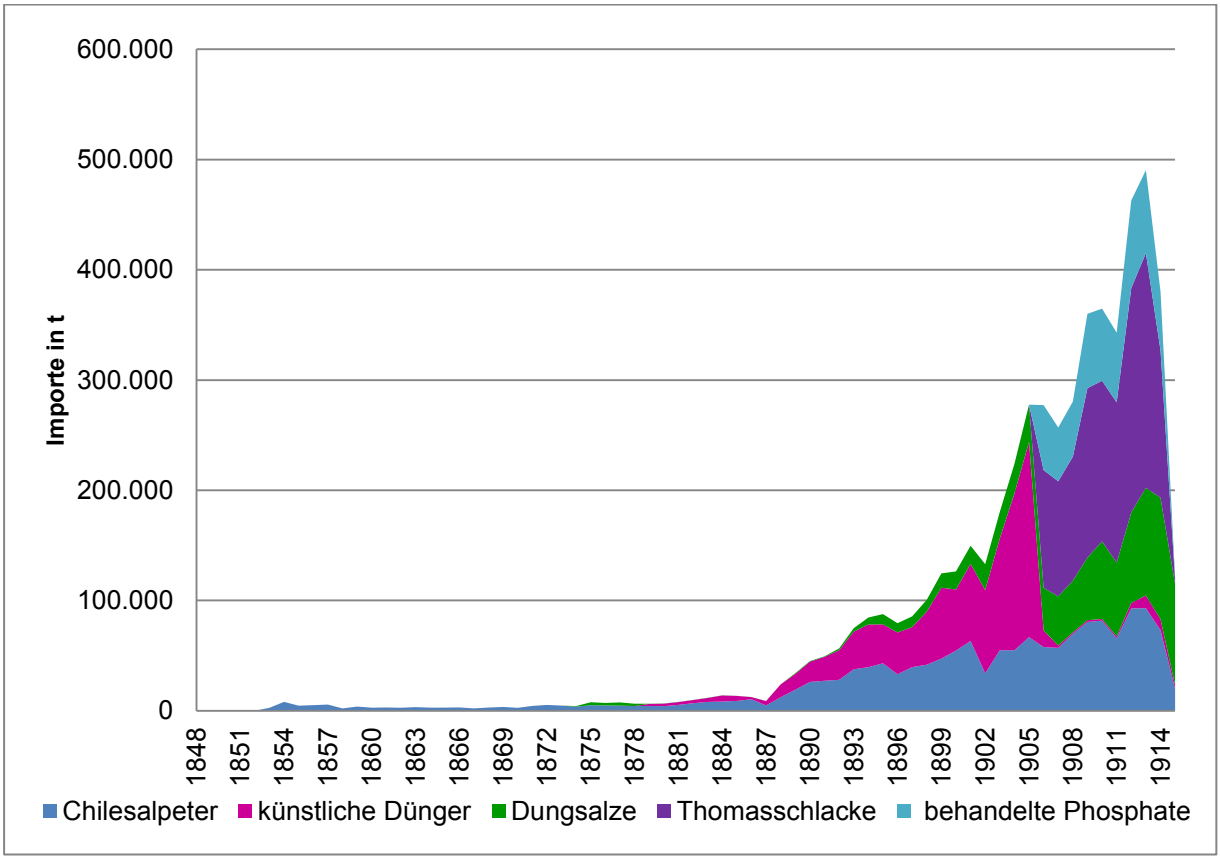
Als bedeutendster Bezugspartner diente, ähnlich wie bei Kali und Superphosphat, wiederum Deutschland: 1912 wurden von den 203.552 importierten Tonnen allein 197.390 aus Deutschland bezogen, während die Niederlande mit 2.034 Tonnen der zweitwichtigsten Handelspartner waren. Thomasmehl entwickelte sich bis zum Ende des Untersuchungszeitraums zum quantitativ wichtigsten Importdünger. 1913 war Thomasmehl allein für über 40 % der Importe aller untersuchten Dünger verantwortlich. Im Vergleich zu den globalen Daten war der Import jedoch wenig bedeutend. Weltweit wurden außerhalb von Österreich-Ungarn im Jahr 1912 3.688.000 Tonnen Thomasmehl hergestellt. Davon wurden lediglich 5,5 % nach Österreich-Ungarn eingeführt (Institut International D'Agriculture 1914).

4.2.5 Charakteristika der Importe

Zusammenfassend lässt sich Folgendes über den Import der Mineraldünger sagen: Die zeitlichen Anfänge sind zwar mit der ersten ausgewiesenen Einfuhr von Chilesalpeter bis in das Jahr 1853 zurückzuverfolgen, eine Wachstumsdynamik, die sich in allen Produktgruppen beobachten lässt, ist aber erst im Laufe der 1880er und 1890er Jahre erkennbar (vgl. Abbildung 10). Diese Steigerung hält bis zum Ausbruch des Ersten Weltkrieges an und der Import mineralischer Düngemittel erreicht 1913 ein Gesamtniveau von 491.208 Tonnen. Allein Thomasmehl war für 43,3 % der insgesamt importierten Menge verantwortlich, während Kalisalze mit 22,4 % und Chilesalpeter mit 18,9 % die beiden anderen wichtigen Importdünger ausmachten. Vergleichsweise niedrig stellte sich die Einfuhr von Superphosphaten mit 15,3 % dar. Eine auffällige Gemeinsamkeit, die alle Düngerimporte bis auf das direkt aus Chile importierte Chilesalpeter betrifft, ist, dass Deutschland das wichtigste Bezugsland für Österreich-Ungarn darstellte. Dies liegt einerseits an der geographischen Nähe, andererseits aber auch an dessen weltweit führenden Rolle in der Produktion der meisten mineralischen Düngemittel. Diese Produktion fußte auf den Staßfurter Kalisalzvorkommen und einer umfangreichen Eisenindustrie mit entsprechender

Thomasmehlprodukion. Um die tatsächliche für die österreich-ungarische Landwirtschaft verfügbaren Mengen an Düngemitteln näher bestimmen zu können, soll im nächsten Abschnitt die inländischen Produktion näher untersucht werden.

Abbildung 10 – Import mineralischer Düngerprodukte in Österreich-Ungarn für den Zeitraum 1848-1914 (Angaben in Tonnen)



4.3 Ergebnisse zu der inländischen Produktion

In diesem Kapitel soll die Produktion ausgewählter Düngemittel in Österreich-Ungarn näher betrachtet werden. Nachdem auf keine inländischen Chilesalpeter- und Guanovorkommen zurückgegriffen werden konnte, werden diese beiden Mineraldünger nicht behandelt. Eine inländische Produktion existierte allerdings für Kalisalze sowie die beiden Phosphatdünger Thomasmehl und Superphosphat. Die Entwicklung dieser Industrien, die damit verbundenen Rahmenbedingungen und konkrete Produktionszahlen sollen näher ausgeführt werden.

4.3.1 Kalisalze

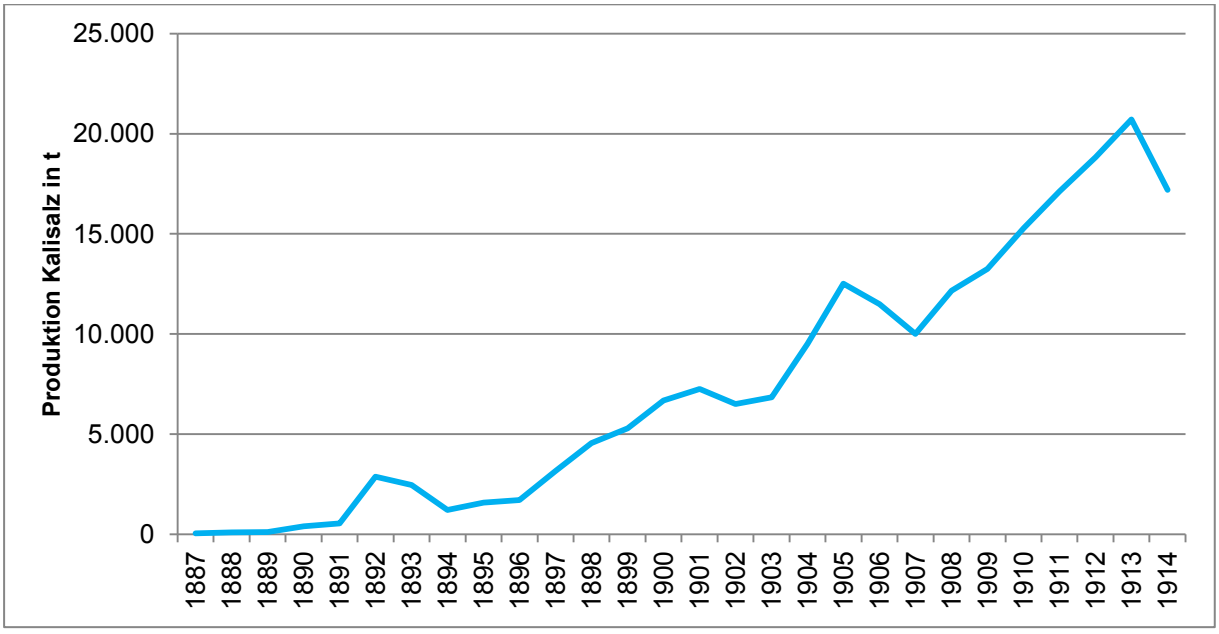
Im österreich-ungarischen Staatsgebiet wurde während des 19. Jahrhunderts lediglich eine industriell relevante Kalisalzquelle entdeckt. Diese befindet sich im siebenbürgischen Kalusz, welches heute Teil der Ukraine ist. Kalusz kann auf eine lange Tradition in der Gewinnung von Kochsalz bis in das 15. Jahrhundert zurückgreifen (Kast 1899). Ähnlich wie in den deutschen Kaligebieten, wurde das

Abraumsalz bestehender Salinen genutzt. Der Abbau und Verkauf von Kalisalzen, in Form des Minerals Kainit, erfolgte ab den 1860er Jahren (Kast 1899).

Die Produktionsdaten von Kalusz liegen durchgängig für die Jahre 1887 bis 1911 vor. Die Erzeugung von Kalisalzen wurde basierend auf den Wachstumsraten zwischen 1887 und 1911 für die Jahre 1912 und 1913 linear interpoliert. Für 1914 wurde angenommen, dass die Produktion kriegsbedingt einen ähnlichen Rückgang wie die Kalisalzimporte erlitt. Der in den Importen beobachtbare Rückgang von 27% gegenüber dem Vorjahr wurde entsprechend für die Berechnung der Produktionsdaten von 1914 herangezogen.

Eine sukzessive Steigerung der Extraktion zeigt sich in den vorliegenden Zeitreihen im Zeitraum 1887 bis 1913 (k.k. Handels-Ministerium 1912), wie auch in Abbildung 11 dargestellt ist. Vergleicht man die Produktion des Jahres 1913 von 20.717 Tonnen, die gleichzeitig auch die höchste Extraktion in der Geschichte Kalusz' darstellt, mit dem Jahresimport von Dungsalzen (82.059 Tonnen), wird klar, dass die lokalen Vorkommen den Inlandsbedarf nur zu einem geringen Teil decken konnten. Der Absatz des erzeugten Kalisalzes erfolgte vor allem in den Kronländern Bukowina und Galizien. Die preisliche Struktur des Kainits aus Kalusz bewegte sich zwischen 1887 und 1905 bei 1 Krone und 40 Hellern pro 100 kg. Der Preis wurde mit steigender Produktion 1906 auf 1 Krone und 30 Heller herabgesetzt (k.k. Handels-Ministerium 1912). Im Vergleich zu den Kalisalzen aus Deutschland war dies ein sehr attraktiver Preis: Für 100 kg Kainit aus Staßfurt wurden zwischen 2,9 Kronen und 3,7 Kronen veranschlagt. Die restlichen Kalisalze bewegten sich je nach Kaliumanteil zwischen 5,4 und 11,3 Kronen pro 100 kg (k.k. Handels-Ministerium 1912).

Abbildung 11 – Produktion von Kalisalzen im Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen)



4.3.2 Superphosphat

Die Anfänge der Produktion von künstlichem Dünger sind in Österreich zweifellos auf die Knochenmehlherstellung zurückzuführen. Die Statistik der österreichischen Industrie berichtete 1873, dass die phosphorhaltigen Düngemittel in Österreich fast ausschließlich aus Knochen erzeugt wurden. Als Bezugsquellen für das Rohmaterial dienten primär inländische Tierknochen, welche in Knochenmühlen und -stampfen verarbeitet wurden (k.k. Handels-Ministerium 1873). In den 1880er Jahren fand ein Übergang von Knochen zu mineralischen Rohphosphaten als Ausgangsprodukt für die Herstellung von Superphosphaten statt. Der Auslöser dieser Entwicklung war die Entdeckung und der Abbau von reichen Mineralphosphatvorkommen an der amerikanischen Ostküste. Sie ermöglichten die Herstellung von Produkten, die im Vergleich zur knochenbasierten Variante einen wesentlich höheren Anteil an Phosphorsäure aufwiesen (vgl. Kapitel 2.2.3). Diese Art von Superphosphat wurde im ausgehenden 19. Jahrhundert zum weltweiten Industriestandard (Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten 1955).

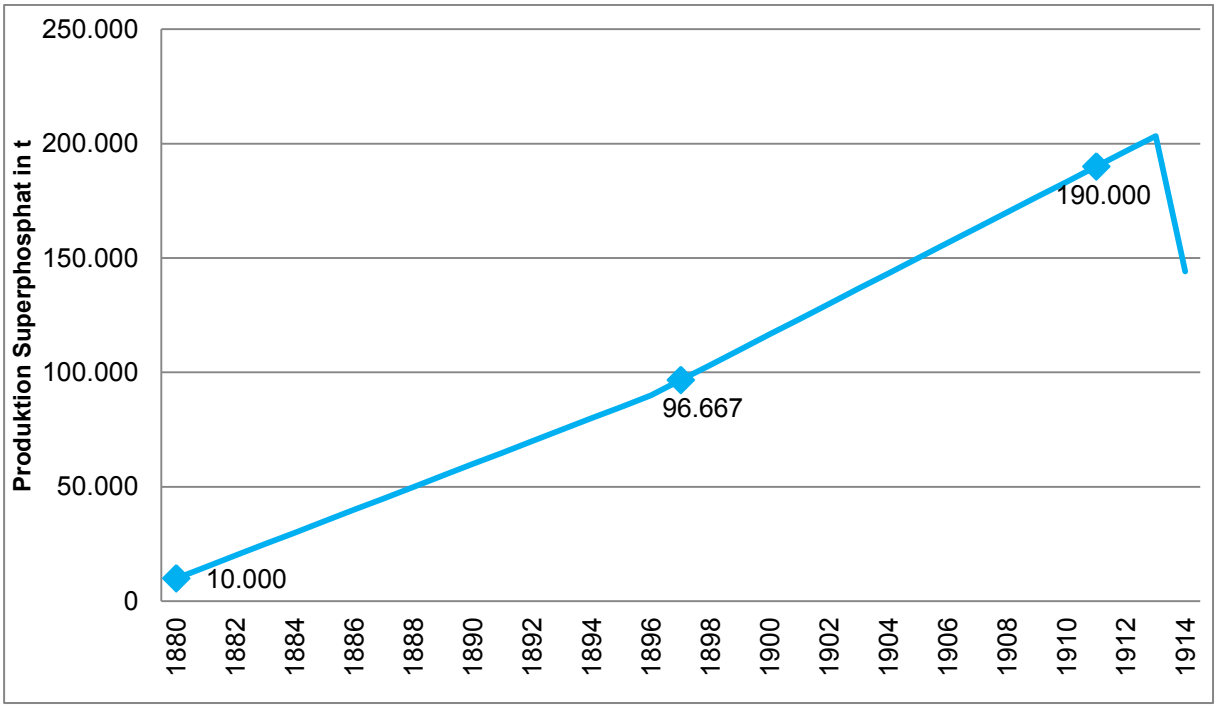
Bei der Weltausstellung 1873 waren aus Österreich acht größere Unternehmen, die Superphosphate herstellten, vertreten (k.k. Ackerbau-Ministerium 1874). Bei näherer Betrachtung dieser Fabriken, wie sie in einem Artikel der Wiener Landwirtschaftlichen Zeitung vom 5.9.1874 vorgenommen wurde, zeigt sich, dass die Superphosphatindustrie regional insbesondere in Böhmen verhaftet war (Hitschmann 1874). Im selben Artikel wurde auch auf die neu errichtete Kunstdüngerfabrik in Pecek verwiesen, die auf selbsterzeugte Schwefelsäure zurückgreifen konnte und ein jährliches Produktionspotential von 10.000 Tonnen an Superphosphat aufwies (Hitschmann 1874). Kontinuierliche Zahlen über den Verlauf der Superphosphatproduktion liegen für das 19. Jahrhunderts nicht vor, es ist allerdings davon auszugehen, dass von den 10.000 Tonnen an künstlichen Düngern im Jahr 1880 die Superphosphate einen Großteil ausmachten (Glaser 1918).

Konkrete Produktionsziffern können erst im Rahmen der Kartellverhandlungen von 1912 ausfindig gemacht werden. In diesen Verhandlungen wird davon gesprochen, dass sich die Produktion am inländischen Absatz orientiert. Der Export einer potentiellen Überproduktion war angesichts der wesentlich günstiger angebotenen Produkte im Ausland nicht realistisch. 1897 betrug der inländische Absatz 8.000–9.000 Waggons, was 80.000–90.000 Tonnen entspricht (k.k. Handels-Ministerium 1912). Der Gesamtverbrauch in der österreichischen Reichshälfte nahm bis 1912 auf 230.000 Tonnen zu, wovon 40.000 Tonnen durch Importe abgedeckt wurden. 21 inländische Superphosphatfabriken produzierten im Jahr 1912 zusammen also 190.000 Tonnen Superphosphat, die Produktionskapazität wurde von den Vertretern dieser Industrie allerdings auf das Doppelte geschätzt (k.k. Handels-Ministerium 1912). Somit konnte sich die Produktion innerhalb von 15 Jahren verdoppeln, während sich der Import nach Österreich-Ungarn zwischen 1906 bis 1913 um 26 % von 59.001 Tonnen auf 79.531 Tonnen steigern konnte.

Anhand der vorhandenen Datenpunkte für die Produktion in den Jahren 1880, 1887, 1896 und 1911 wurde mittels einer linearen Interpolation eine Datenreihe für den Zeitraum von 1880 bis 1914 erzeugt. Für 1914, dem Jahr des Ausbruchs des Ersten Weltkriegs, wurde angenommen, dass es in der Produktion zu einem Rückgang kam.

Der im Superphosphatimport verzeichneteEinbruch von 30 % gegenüber den Zahlen von 1913 bildete auch die Grundlage für die Berechnung der inländischen Produktion im Jahr 1914. Die Ergebnisse dieser Berechnungen finden sich in Abbildung 12 wieder. Hier ist eine Steigerung von 10.000 Tonnen im Jahr 1880 hin zu einem Maximalwert von 203.333 Tonnen für 1913 zu beobachten. Für 1914 wird von einem Einbruch auf 196.030 Tonnen ausgegangen.

Abbildung 12 – Produktion von Superphosphaten im Zeitraum 1888-1914 (Angaben in Tonnen)



Als besonders erschwerend für die heimische Industrie wurde das Aufkommen des Thomasmehls als direktem Konkurrenzprodukt betrachtet. Darüber hinaus wurde von Vertretern der heimischen Superphosphatindustrie betont, wie teuer der Bezug von mineralischen Rohphosphaten im Vergleich zum internationalen Mitbewerb war (k.k. Handels-Ministerium 1912). Dies fußte auf infrastrukturellen Gründen. Gerade Italien hatte beispielsweise einfachere Bezugsmöglichkeiten durch dessen geographische Nähe zu den nordafrikanischen Mineralphosphatlagern. Zwar gab es durch Triest auch einen österreich-ungarischen Handelshafen, allerdings stellte sich der inländische Transport mittels Eisenbahn als aufwändig dar und war mit hohen Kosten verbunden.

Ähnlich wie die Nachfrage haben sich die Endverkaufspreise des Superphosphats zwischen 1890 und 1912 kaum geändert. Diese Preise richteten sich nach dem enthaltenen Phosphor in Form von Phosphorsäure (H_3PO_4) und wurden in sogenannten „Kiloprozent“ angegeben. Für 100 Kilogramm Superphosphat mit ein Anteil von 16 % Phosphorsäure wurden somit beispielsweise 16 Kiloprozent veranschlagt. 1897 wurde inländisches Superphosphat in Österreich-Ungarn um 46 Heller pro Kiloprozent angeboten, 1912 lag der Preis bei 49 Hellern (k.k. Handels-Ministerium 1912). Hier ist zu berücksichtigen, dass landwirtschaftlichen Vereinen und Großunternehmen oft Rabatte eingeräumt werden mussten, so dass der

Endverkaufspreis teilweise bei 40 Hellern pro Kiloprozent Phosphorsäure lag. Diese Preise richteten sich nach dem europäischen Preisniveau, um insbesondere gegenüber den Superphosphatimporten aus Deutschland zumindest im Inland konkurrenzfähig zu bleiben. Der Absatzpreis innerhalb Deutschlands war 1912 mit durchschnittlich 32 Heller pro Kiloprozent wesentlich günstiger (k.k. Handels-Ministerium 1912). Zusammenfassend kann die Superphosphatindustrie angesichts der teuren Rohstoffe und des internationalen Konkurrenzdrucks nicht als sehr lukratives Gewerbe betrachtet werden, zumal die Firmen deutlich unter ihrem quantitativen Produktionspotential blieben. Um trotzdem wirtschaftlich bestehen zu können, wandten sich die Unternehmen der Herstellung anderer chemischer Produkte, wie beispielsweise Chlorkalk oder Soda, zu (Glaser 1918). Die Unbeständigkeit des Marktes kann an dieser Aussage im Rahmen der Düngerkartellverhandlungen 1912 illustriert werden:

> „Es kommt ja vor, daß mitunter eine Fabrik mit 200, 300 oder 400 Waggons [Anm.: ein Waggon entspricht 10.000 kg] am Markte erscheint. Ein Jahr ist diese Fabrik da, das nächste Jahr ist sie wieder verschwunden“ (k.k. Handels-Ministerium 1912: 26).

4.3.3 Thomasmehl

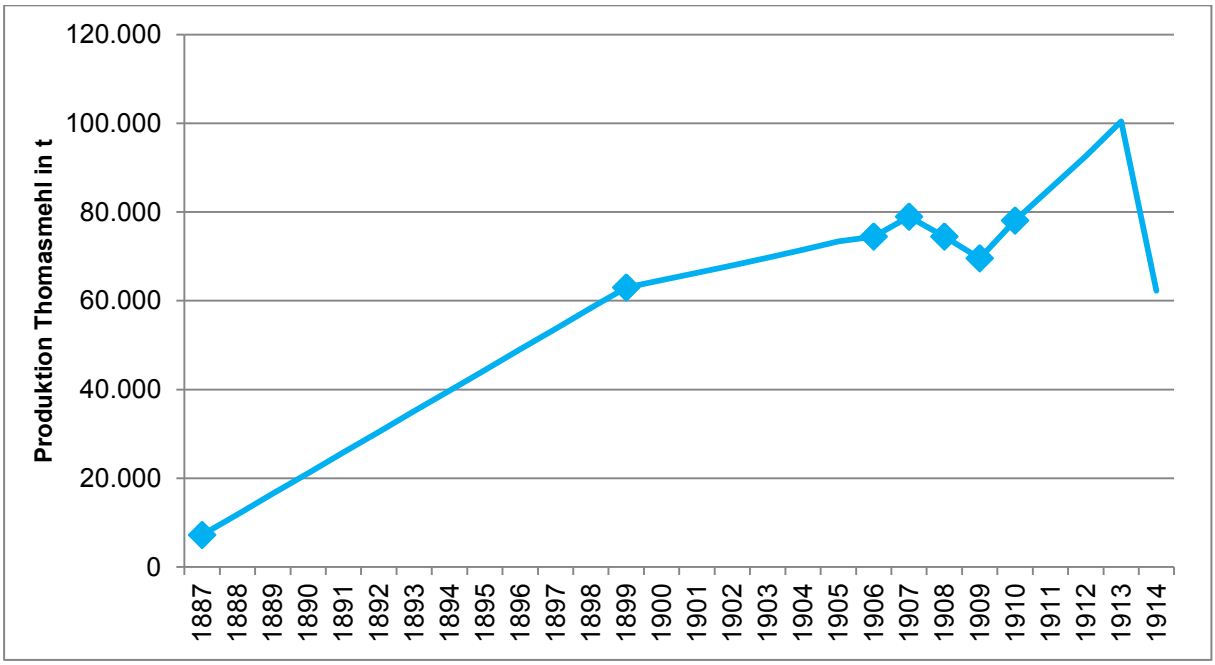
Die Erzeugung von Thomasmehl kann in Österreich-Ungarn bis in die 1880er Jahre zurückverfolgt werden. Im Untersuchungszeitraum war die Prager Eisenindustriegesellschaft mit Werken in Kladno und Königshof (heute Kraluv Dvur) der einzige Produzent von Thomasmehl. Dass es keine weiteren Hersteller gab, ist darauf zurückzuführen, dass die Prager Eisenindustriegesellschaft gleichzeitig die einzige Stahlproduktion war, die in Österreich-Ungarn mit dem Thomasverfahren arbeitete. Die Anwendung dieses Verfahrens ist auf den vergleichsweise hohen Phosphorgehalt der Erze in den nordwestlichen Kronländern zurückzuführen. Die Produktionsstätten in den Alpenländern griffen für die Aufbereitung der dortigen Erze zur Stahlherstellung auf den Bessemerprozess zurück, bei dem keine Phosphorschlacke anfällt (Matis und Bachinger 1973). Die Eisenerze wurden in Kladno und Königshof aus den Minen im böhmischen und mährischen Umland bezogen.

Das Düngerprodukt, das nach dem Entphosphorisierungsprozess des Eisens als Thomasmehl zur Verfügung stand, enthielt im Durchschnitt 16–20 % an Phosphorsäure. Für den Zeitraum 1906–1911 liegt eine jährliche Produktionsstatistik vor, anhand derer nachverfolgt werden kann, dass sich die Produktion in diesen Jahren zwischen 70.000 und 85.000 Tonnen bewegte (k.k. Handels-Ministerium 1912).

Mit den vorhandenen Datenpunkte für die Produktion in den Jahren 1887, 1899 sowie 1906–1911 wurde durch eine lineare Interpolation versucht, eine vollständige Datenreihe für den Zeitraum von 1887 bis 1914 zu erzeugen. Für 1914 wurde angenommen, dass es in der Produktion zu einem Rückgang kam. Der im Thomasmehlimport verzeichnete Rückgang von 38 % gegenüber den Zahlen von 1913 bildete die Grundlage für die Berechnung des Einbruchs der inländischen

Produktion. Die Ergebnisse dieser Berechnungen sind in Abbildung 13 ausgeführt. In dieser Darstellung ist eine Steigerung von 7.232 Tonnen im Jahr 1887 hin zu einem Maximalwert von 100.428 Tonnen für 1913 zu beobachten. Für 1914 wird von einem Einbruch auf einen Wert von 62.265 Tonnen ausgegangen.

Abbildung 13 – Produktion von Thomasmehl im Zeitraum 1887-1914 (Angaben in Tonnen)



Die Preise variierten zwischen 1906 und 1912 von 31 bis 34 Heller pro Kiloprozent an Phosphorsäure. Somit war Thomasmehl weitaus günstiger als österreichisches Superphosphat, welches im selben Zeitraum ohne Rabatte 46–49 Heller pro Kiloprozent kostete (k.k. Handels-Ministerium 1912). Da die Nachfrage nach Thomasmehl wesentlich höher als die österreichische Produktion war, gab es im Gegensatz zu Superphosphat trotz Thomasmehlimporten aus Deutschland keine Absatzschwierigkeiten.

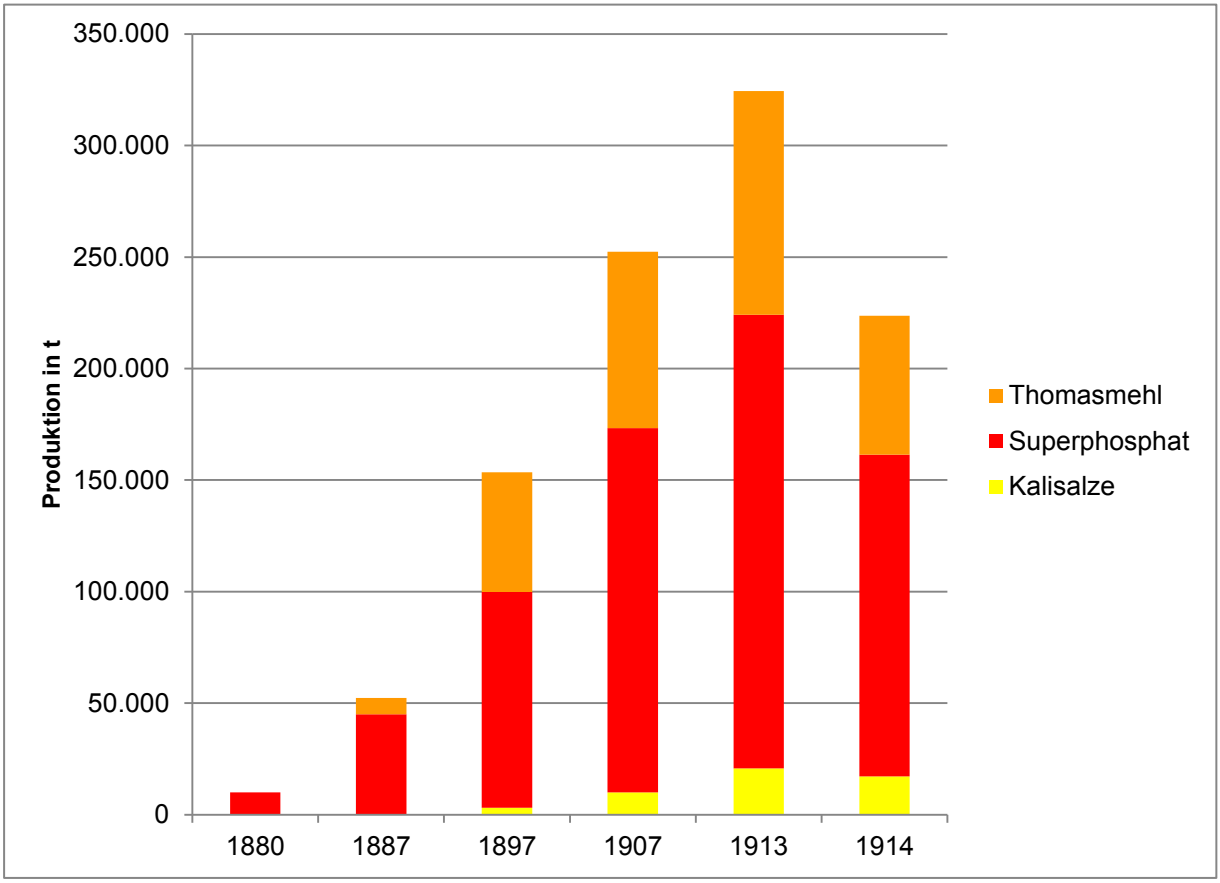
4.3.4 Charakteristika der inländischen Produktion

Die Anfänge der Kunstdüngerindustrie sind bis in die späten 1860er Jahre zurückzuverfolgen und wuchsen insbesondere mit dem Aufschwung des Zuckerrübenanbaus in den 1870er und 1880er Jahren kontinuierlich an (Glaser 1918). 1873 präsentierten anlässlich der Weltausstellung in Österreich, bei der die sogenannten Hilfsdünger in einem eigenen Pavillon gezeigt wurden, 49 österreichische Aussteller ihre Produkte. Von diesen waren 20 als gewerbliche Unternehmen mit Fabrikcharakter zu verzeichnen (Hamm 1873). Konkrete Produktionszahlen liegen jedoch erst ab 1880 vor. In diesem Jahr konnten zehn Schwefelsäure- und Kunstdüngerfabriken insgesamt 10.000 Tonnen jährlich produzieren (Glaser 1918). 1897 vereinigten sich sämtliche österreichische Kunstdüngerfabriken zu einem Kartell mit preisfixierendem Charakter. Dabei erfolgte

eine Einteilung gemäß ihrer geographischen Lage in die Gruppen Böhmen, Mähren und Österreich (k.k. Handels-Ministerium 1912).

Glaser schlussfolgert, dass die im internationalen Vergleich langsame Entwicklung der österreichischen Industrie in erster Linie auf das mangelnde Interesse der Landwirtschaft und somit auf einen unzureichenden Absatzmarkt zurückzuführen ist (Glaser 1918). Die Entwicklung der in Österreich-Ungarn erzeugten Mineraldüngermengen wird in Abbildung 14 dargestellt. Eine inländische Erzeugung fand zweifelslos auch vor 1880 statt (k.k. Handels-Ministerium 1912), allerdings liegen für 1880 erstmals konkrete Produktionsziffern vor. Diese beziehen sich auf die reichsweite Superphosphatherstellung mit einer Gesamtmenge von 10.000 Tonnen. Anhand der weiteren Entwicklung der inländischen Produktion lässt sich jedoch nachvollziehen, dass dieser Initialwert verhältnismäßig gering war und die erzeugten Mengen bis zum Ersten Weltkrieg massiv gesteigert werden konnten. Superphosphat blieb auch das dominierende inländisch erzeugte Kunstdüngerprodukt bis zum Ende des Untersuchungszeitraums. Aufgrund der Verwendung des Thomasverfahrens von einem einzigen Stahlproduzenten und dem vergleichsweise geringen Ertrag der Kaluszer Kaliminen waren der Produktion von Thomasmehl und Kalisalze recht enge Grenzen gesetzt. Dennoch konnte sich die gesamte inländische Mineraldüngerproduktion zwischen 1890 und 1914 mehr als vervierfachen, was für den wachsenden lokalen Bedarf an künstlichen Düngemitteln spricht.

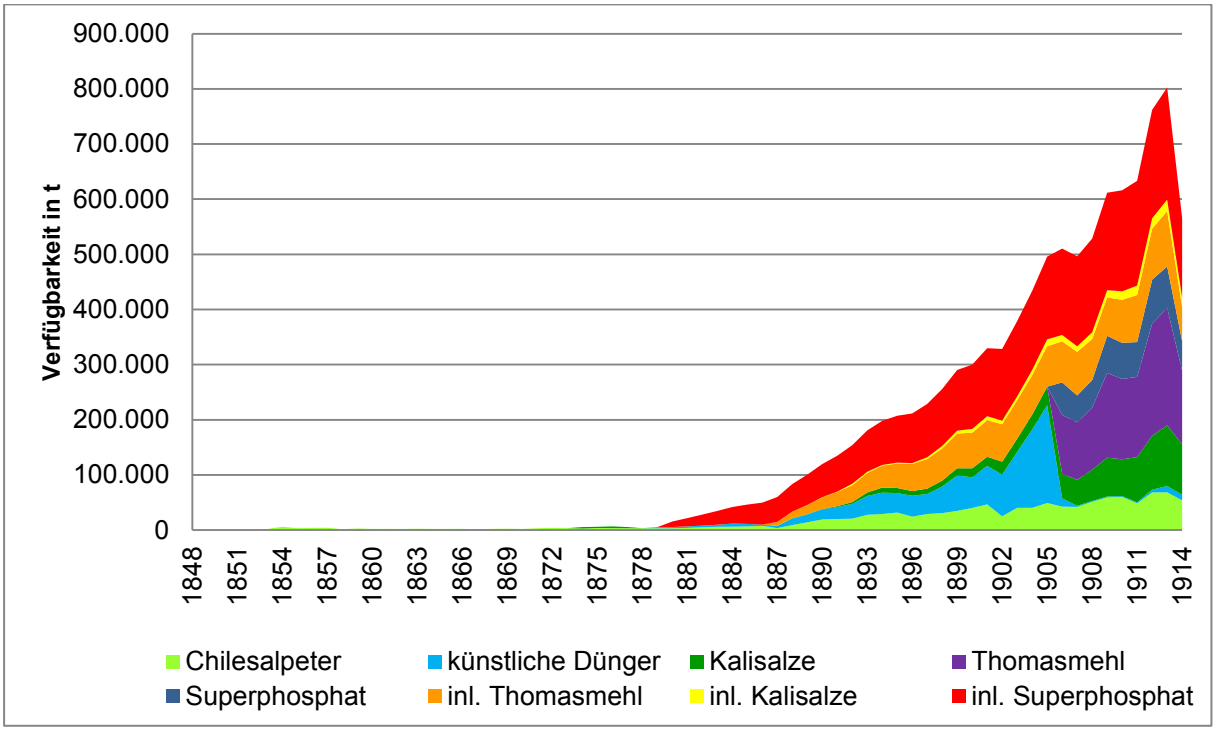
Abbildung 14– Inländische Produktion von Kunstdüngern für den Zeitraum 1880–1914 (Angaben in Tonnen)



4.4 Ergebnisse zu der landwirtschaftlichen Anwendung

Durch die Kombination der Erhebungsergebnisse für den Import und die inländische Produktion von mineralischen Düngern lässt sich deren Verfügbarkeit für die österreich-ungarische Landwirtschaft abbilden. Für Chilesalpeter wurde angenommen, dass 75 % der importierten Mengen in der Landwirtschaft verwendet wurden, während die restlichen 25% der Herstellung von Schießpulver dienten (k.k. Handelsministerium 1912). Abbildung 15 stellt die Entwicklung des verfügbaren Angebots an mineralischen Düngern grafisch dar. Wie darin ersichtlich ist, kann statistisch in den 1880er Jahren erstmals neben Chilesalpeter das Aufkommen von anderen Mineraldüngern erfasst werden. Gleichsam steigert sich die gesamte Verfügbarkeit in den folgenden Jahrzehnten rapide. 1913 wurde ein Maximalwert von knapp 800.000 Tonnen erreicht. Besonders interessant ist, dass sich sowohl die inländische Produktion als auch der Import von Mineraldüngern bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs ungebrochen steigerten. Die Distribution der Produkte erfolgte bis zur Gründung der Kartelle direkt durch die inländischen Produktionsstätten oder über entsprechende Fachhandlungen, wo importierte Dünger verkauft wurden. Landwirtschaftliche Genossenschaften ermöglichten kleinen Agrarbetrieben den gemeinsamen Erwerb von Düngern. Dies reduzierte einerseits die anfallenden Transportkosten für die einzelnen Agrarbetriebe und ermöglichte den Genossenschaften andererseits den Erwerb von Mineraldünger zu einem reduzierten Verkaufspreis (Bruckmüller 1976). Mit der Einführung der Kartelle für die inländisch erzeugten Kunstdünger wurden diese zu einem einheitlichen Preis am Markt angeboten und die Bestellaufträge von den Kartellen abgewickelt (k.k. Handelsministerium 1912).

Abbildung 15 – Verfügbarkeit mineralischer Dünger in Österreich-Ungarn im Zeitraum 1848–1914 (Angaben in Tonnen)



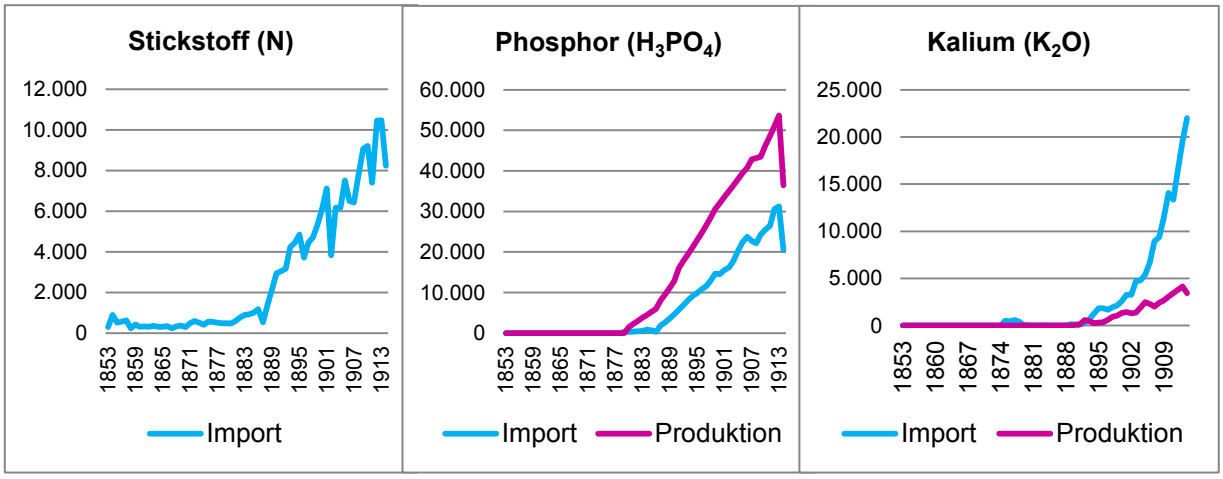
Während Abbildung 15 die Mengen an Düngerprodukten illustriert, erscheint es für die Feststellung des tatsächlichen Nährstoffeintrags wichtig, das Ausmaß der in den Düngemitteln enthaltenen Nährstoffe Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium (K) zu quantifizieren. Für die Berechnung der Nährstoffgehalte wurden wiederum zeitgenössische Quellen und die darin angeführten durchschnittlichen Angaben für die einzelnen Mineraldünger herangezogen. Konkret wurden folgende Annahmen für den Gehalt getroffen (vgl. Tabelle 4): Chilesalpeter enthält 15 % Stickstoff (N) (Krafft 1888), Kalisalze 20 % an Kalium (K_2O) (k.k. Handelsministerium 1912), Thomasmehl 18 % Phosphor in Form von Phosphorsäure (H_3PO_4) (k.k. Handelsministerium 1912). Für Superphosphat wurde bis inklusive 1890 angenommen, dass dieses teilweise noch auf Knochenmehlbasis hergestellt wurde. Gegenüber mineralbasierten Superphosphaten mit 15–20 % Phosphoranteil haben diese einen geringen Phosphorgehalt von 8–12 % (k.k. Handelsministerium 1912). Bis 1890 wurde entsprechend von einem Durchschnittsgehalt von 15 % ausgegangen, in den Folgejahren wurde ein Wert von 17,5 % angenommen. Wie beim Thomasmehl beziehen sich die Angaben für Superphosphat auf Phosphor in Form von Phosphorsäure (H_3PO_4).

Tabelle 4 – Getroffene Annahmen zu den Nährstoffgehalten der untersuchten Mineraldünger

	Reinnährstoff	*Prozentueller Gehalt*	
Chilesalpeter	Stickstoff (N)		15%
Kalisalze	Kalium (K_2O)		20%
Superphosphat	Phosphor (H_3PO_4)	bis 1890:	15%
		ab 1890:	17,5%
Thomasmehl	Phosphor (H_3PO_4)		18%

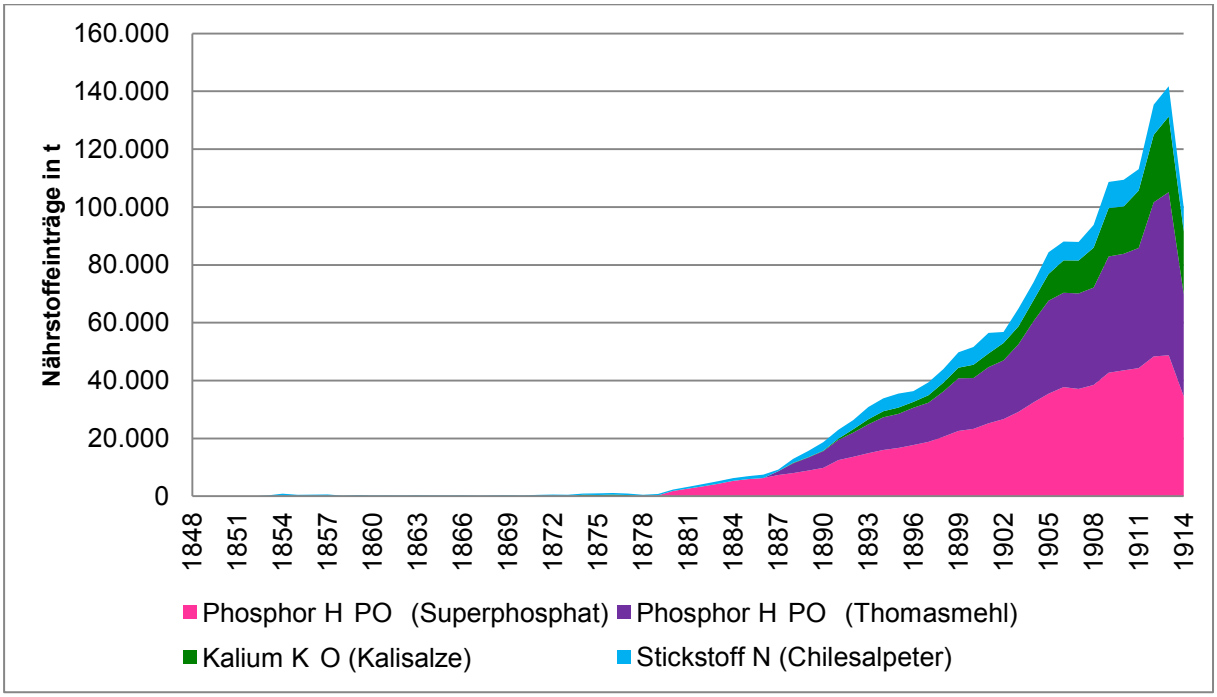
Anhand dieser Annahmen zu den Nährstoffgehalten wurde die Gesamtverfügbarkeit der Mineraldünger in Abbildung 16 separat nach Stickstoff (N), Phosphor (P) und Kalium abgebildet. Zusätzlich wurde für die einzelnen Nährstoffe unterschieden, ob diese aus importierten oder lokal produzierten Produkten stammten. Da als stickstoffhaltiger Dünger ausschließlich Chilesalpeter erhoben wurde, decken die Importe die Zufuhr von Stickstoff aus Mineraldüngern zur Gänze ab. Ein ähnliches Bild zeigt sich für Kalium. 79 % des über den Untersuchungszeitraum verfügbaren Kaliums wurde aus importierten Kalisalzen bezogen. Die lokale Kalisalzproduktion macht im Vergleich dazu lediglich 21 % aus. Beim Nährstoff Phosphor dominiert hingegen die inländische Superphosphat- und Thomasmehlindustrie. Diese produzierten zusammen 67 % des gesamten über den Untersuchungszeitraum erhältlichen Phosphors, während sich der Anteil der Importe auf 33 % belief.

Abbildung 16 – Entwicklung der mineralischen Dünger für den Zeitraum 1853 – 1914, Vergleich zwischen Import und lokaler Produktion (Angaben in Tonnen an Reinnährstoffen)



In Abbildung 17 ist die Entwicklung der Nährstoffverfügbarkeit durch die Summe der Mineraldünger ersichtlich. Überraschend ist in den Erhebungsergebnissen die Dominanz von phosphorhaltigen Mineraldüngern. Stickstoff aus Chilesalpeter und Kalium aus den importierten sowie inländisch gewonnen Kalisalzen spielen eine vergleichsweise untergeordnete Rolle. Dies ist insofern bemerkenswert, da eigentlich Stickstoff in Intensivkulturen den zentralen Mangelnährstoff darstellt (Finck 1992). Daraus lässt sich ableiten, dass die Stickstoffzufuhr über andere Quellen erfolgt sein muss. Da erst mit der Einführung des Haber-Bosch Verfahrens in den 1920er Jahren eine Möglichkeit gefunden wurde um Stickstoff industriell herzustellen liegt es nahe, dass diese Stickstoffquellen primär biogener Natur waren. Auf die Rolle von Leguminosen und Stallmist als Stickstofflieferanten wird in Kapitel 5.3.2. näher eingegangen.

Abbildung 17 – Nährstoffeinträge durch die verfügbaren mineralischen Dünger aus inländischer Produktion und Import im Zeitraum 1848 – 1914 (Angaben in Tonnen)

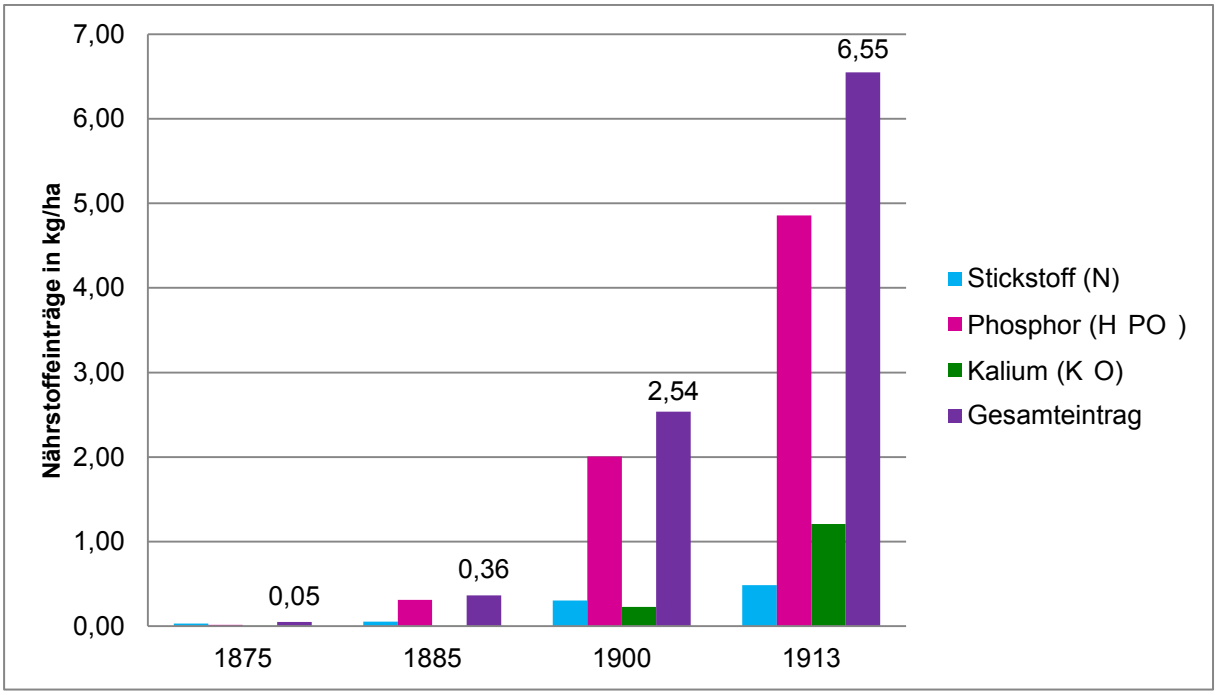


Wie bedeutend die mineralischen Düngemitteln für die Landwirtschaft in Österreich-Ungarn waren kann illustriert werden, wenn die Nährstoffverfügbarkeit in Relation zu den landwirtschaftlichen Flächen gesetzt wird. Deshalb wurden in einem weiteren Schritt die gewonnenen Zahlen für die Nährstoffeinträge durch Mineraldünger auf die Ackerflächen der österreich-ungarischen Monarchie bezogen. Andere Arten von landwirtschaftlich genutzten Flächen (Weiden) wurden nicht berücksichtigt, da die hohen Anschaffungskosten von Mineraldüngern für deren ausschließlichen Anwendung auf Pflanzenproduktionsstandorten sprach (Kast 1899).

Für die Berechnung der Ackergebiete wurde auf die von Roman Sandgruber publizierten Zahlen (Sandgruber 1978) für die österreichische Reichshälfte und Daten von Julianna Puskás sowie Peter Gunst (Gunst 1974; Puskás 1965) für Ungarn zurückgegriffen. Ziel war es, für vier Zeitpunkte (1875, 1885, 1900 und 1913) die vorliegenden Daten auf die Ackerflächen der Monarchie, abzüglich der für die Düngeranwendung nicht relevanten Brachflächen, für beide Reichshälften anzuwenden. Anhand dieser Daten konnten die potentiellen Nährstoffeinträge je ha Ackerfläche berechnet werden (siehe Abbildung 18). Hier spiegelt sich eine ähnliche Entwicklung wie bei den bereits erläuterten Daten zu Produktion und Import wider: Im Jahre 1875 waren die Düngermengen je ha Anbaufläche mit 0,05 kg/ha noch sehr gering. Erst 1885 ist ein deutliches Aufkommen der Mineraldünger mit einem gesamten Nährstoffeintrag von 0,36 kg/ha erkennbar. In den folgenden Jahrzehnten steigert sich dieser rapide. 1900 beträgt der Gesamteintrag bereits 2,54 kg/ha, 1913 6,55 kg/ha. Obwohl sich die Einträge für Stickstoff durch Chilesalpeter und Kalium durch Kalisalze sukzessive bis 1913 steigerten, dominierte Phosphor aus Superphosphat und Thomasmehl eindeutig zwischen 1885 und 1913 als Nährstoff, der den Äckern über Mineraldünger zugeführt wurde. Trotz dieser Zunahme erscheint der Gesamteintrag angesichts der damaligen Düngeempfehlungen als sehr

gering. Der Umfang dieser Empfehlungen bewegte sich in der Größenordnung von mehreren hundert Kilo Mineraldünger pro Hektar (vgl. Pabst 1885 und Kapitel 2.2), was bei den angenommenen Nährstoffgehalten etwa einer Reinnährstoffmenge von 90 - 300 kg/ha für eine kombinierte Anwendung von Stickstoff, Kalium- und Phosphatdüngern entsprechen würde. Dieser Wert liegt um den Faktor 14 bis 46 über den durchschnittlich je ha angewandten Mengen.

Abbildung 18 – Nährstoffeinträge durch Mineraldünger für ackerbaulich genutzte Flächen (Angaben in kg pro ha)

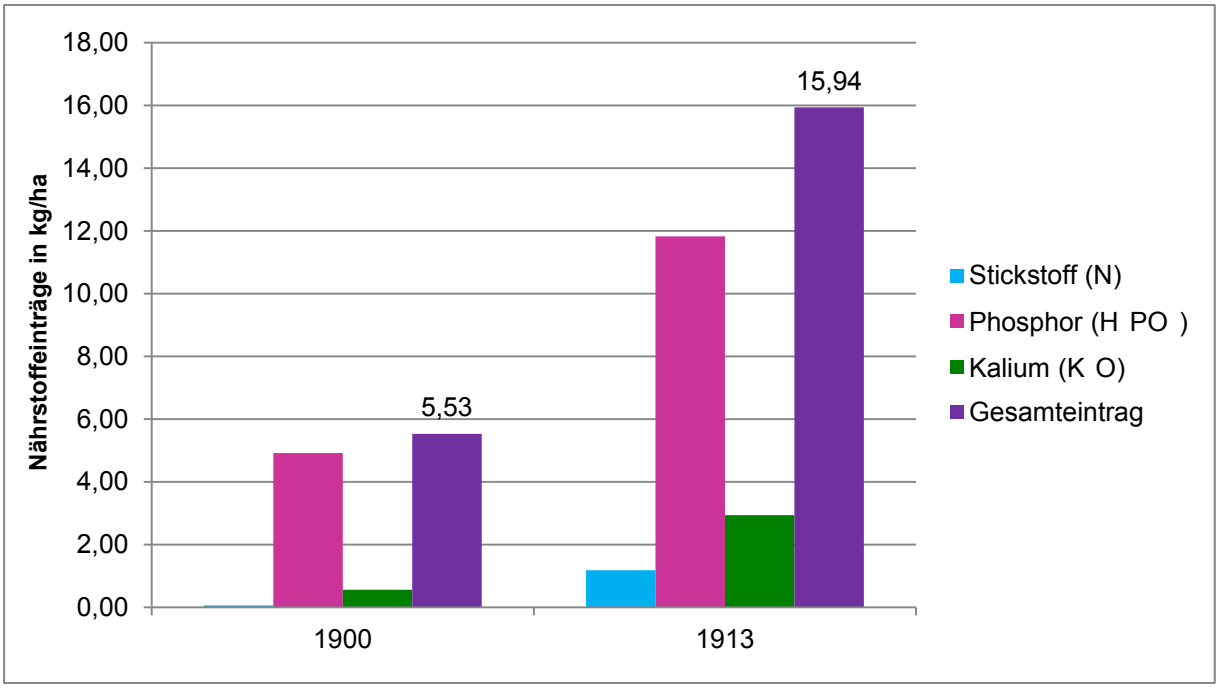


Da in der landwirtschaftlichen Praxis allerdings nicht davon ausgegangen werden kann, dass die mineralischen Düngemittel in allen Regionen der Monarchie gleichmäßig zur Anwendung kamen, ist einer weitere Einschränkung erforderlich, um Aussagen über die Bedeutung der Düngemittel für die Agrarproduktion treffen zu können. In einem weiteren Schritt wurden deshalb die Nährstoffdaten auf die Agrarflächen von Großgrundbesitzen übertragen. Dahinter steht die Überlegung, dass Mineraldünger eine erhebliche finanzielle Investition bedeuteten, die für die große Menge an kleineren Landwirtschaftsbetrieben nicht möglich oder angesichts ihrer primären Ausrichtung auf Subsistenzwirtschaft als nicht zweckmäßig erschien. Auf der anderen Seite dominierten insbesondere in den nordwestlichen Kronländern Böhmen, Mähren und Schlesien landwirtschaftliche Großbetriebe, die für die Zuckerindustrie großflächig Zuckerrüben anbauten und einen Großteil der Getreideproduktion der österreichischen Reichshälfte erzeugten (vgl. Kapitel 3). Für die Großgrundlandwirtschaften in den nordwestlichen Kronländern hält Hoffmann (1974) weiters fest, dass diese sehr fortschrittsorientiert und an der Einbeziehung neuer wissenschaftlicher Erkenntnisse in ihre Arbeitsweise interessiert waren. Ein Aufkommen der inländischen Düngerindustrie war, wie bereits erwähnt, sehr stark von dem aufstrebenden Zuckerrübenanbau, der sich durch einen hohen Bedarf an Pflanzennährstoffen auszeichnete, in Böhmen und Mähren beeinflusst (Glaser 1918).

Basierend auf der Annahme, dass der überwiegende Teil der mineralischen Düngemittel in marktorientierten Großgrundbetrieben Anwendung fand, wurde das Nährstoffangebot aus Mineraldüngern auf die Anbauflächen (Ackerflächen) aller österreich-ungarischen Großgrundbesitze mit mehr als 50 Hektar bzw. für Ungarn mit mehr als 100 Joch (57,5 ha) umgerechnet. Die Daten für die relevanten Flächen wurden wiederum aus den Zusammenstellungen von Sandgruber, Puskás und Gunst (vgl. Sandgruber 1978; Gunst 1974; Puskás 1965) gewonnen. Mittels diesen konnten die Ackerflächen der Großgrundbesitze in Österreich-Ungarn für 1900 und 1913 rekonstruiert werden.

Wie aus Abbildung 19 ersichtlich ist, bleibt die Relation in der Zufuhr zwischen Kalium, Stickstoff und Phosphor unverändert. Der Nährstoffeintrag steigt allerdings im Vergleich zu der vorhergehenden Betrachtung, bei der die Ackerflächen von Betrieben aller Größen eingezogen wurden, 1900 von 2,54 auf 5,53 kg/ha und 1913 von 6,55 auf 15,94 kg/ha an.

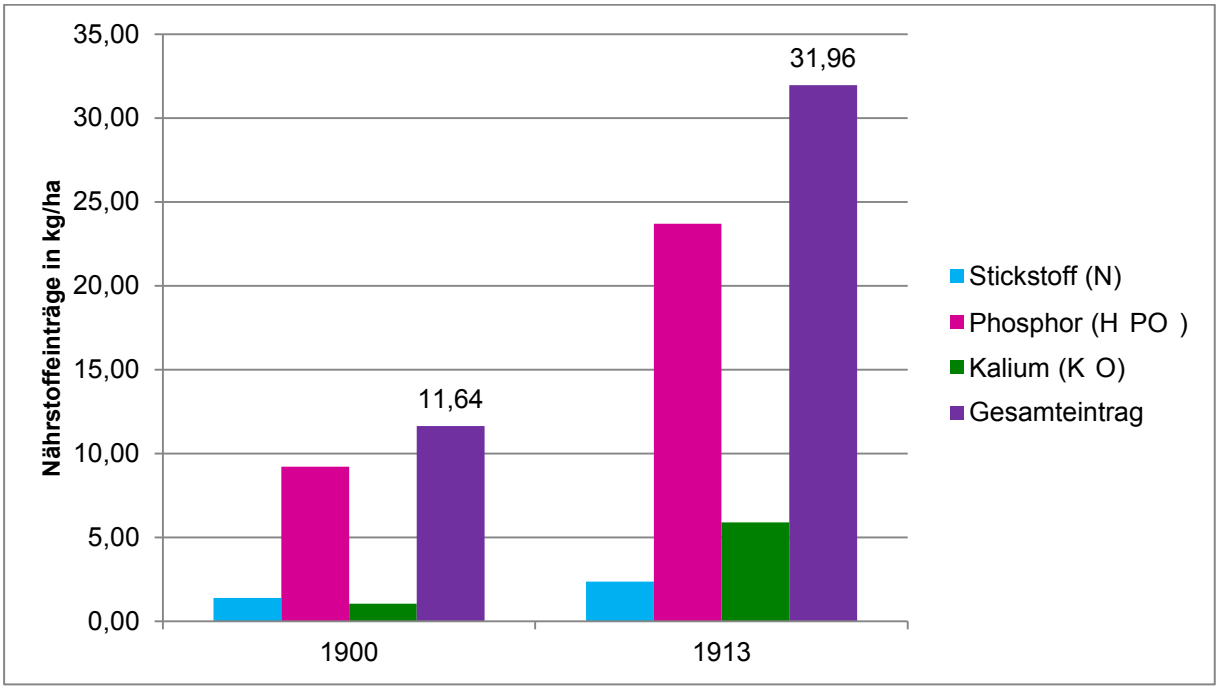
Abbildung 19 – Nährstoffeinträge für die Ackerflächen von Großgrundbesitzen (> 50ha landwirtschaftliche genutzte Flächen, Angaben in kg pro ha)



In einer dritten Variante wurde versucht, in die Überlegungen miteinzubeziehen, dass es auch innerhalb des Großgrundbesitzes große regionale Unterschiede in der Anwendung von Mineraldüngern gab. Dies scheint zum einen für die Relativierung des Düngerverbrauchs in Ungarn, der als geringer als in der österreichischen Reichshälfte einzuschätzen ist, nötig. Puskás berichtet, dass Latifundien in Ungarn zwar sehr verbreitet waren, die Steigerung der Erträge aber primär durch eine Ausweitung des Ackerlands und nicht durch eine Intensivierung erreicht wurde (Puskás 1965). Zum anderen kann eine verstärkte Anwendung von Kalidüngern in den nordöstlichen Kronländern 1913 beobachtet werden (Sandgruber 1978). In Böhmen, Mähren und Schlesien wurden laut Sandgruber zusammen durchschnittlich

3 kg Kalisalz pro Hektar Anbaufläche verwendet. Dieser Wert ist im Vergleich zur Steiermark mit 0,5 kg/ha und Niederösterreich mit 1 kg/ha in Österreich-Ungarn sehr hoch. Weiters berichtet die Wiener Landwirtschaftliche Zeitung am 9.8.1890 davon, dass die Mineraldüngeranwendung in Ungarn wenig verbreitet ist und nur langsam zunimmt (Hitschmann 1890). Um diesen Beobachtungen gerecht zu werden, wurde in der folgenden Berechnung davon ausgegangen, dass 60 % aller importierten und inländisch produzierten Mineraldünger in die Ackerflächen der Großgrundbesitze in Mähren, Böhmen, Schlesien und Galizien flossen. Der Wert von 60 % entspricht einer selbst vorgenommenen Gewichtung für die nordöstlichen Kronländern. Wie aus Abbildung 20 ersichtlich ist, steigt für dieses Szenario die gesamte Nährstoffzufuhr zwischen 1900 und 1913 von 11,64 kg/ha auf 31,96 ha an.

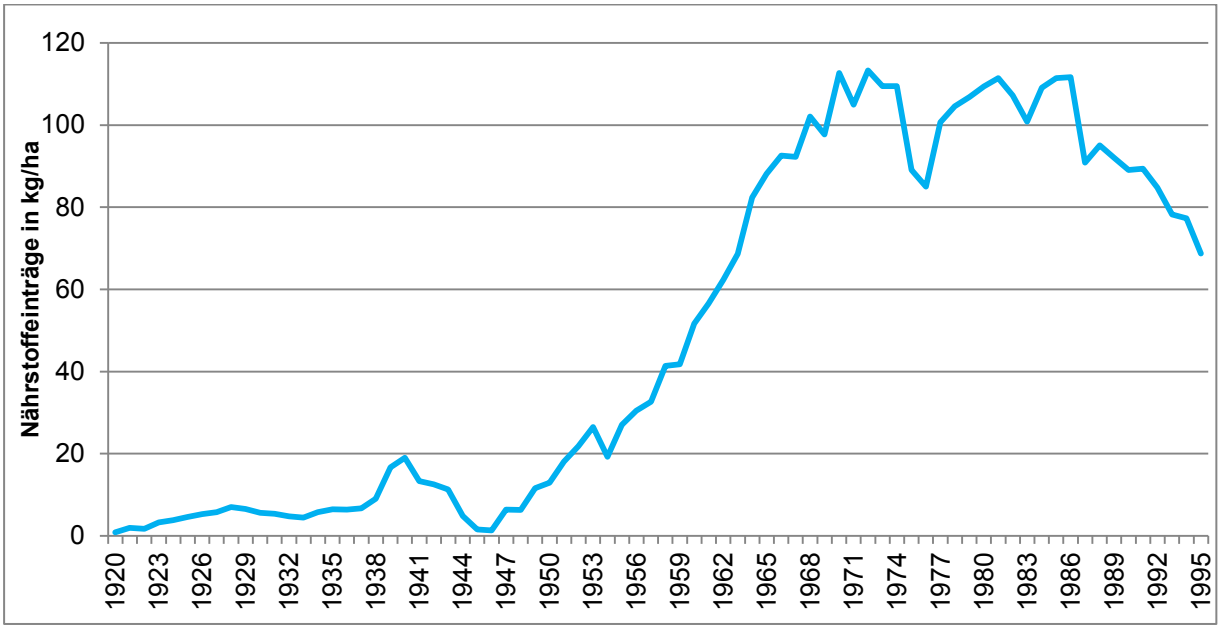
Abbildung 20 – Nährstoffeinträge für Agrarflächen in Großgrundbesitzen Böhmens, Mährens, Schlesiens und Galiziens.Annahme: 60 % aller Mineraldünger wurden in diesen Gebieten eingebracht (Angaben in in kg pro ha)



Im Vergleich dazu stehen im heutigen Österreich 1.360 mio ha Ackerland (Statistik Austria, Stand 2012) einem Eintrag von etwa 156.000 Tonnen Reinnährstoffen aus Handelsdüngern gegenüber (Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft 2013), was einer Reinnährstoffmenge von 115 kg Reinnährstoff pro Hektar Ackerland gleichkommt. Dies entspricht mehr als dem zehnfachen Wert der hier berechneten „Maximalvariante“ für 1900, in der die Großgrundbesitze der nordöstlichen Kronländer 60 % aller Mineraldünger verwenden (vgl. Abbildung 20). Verglichen mit den Reinnährstoffen, welche durch Kunstdüngern im Zeitraum 1920 bis 1995 in die landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs eingetragen wurden (vgl. Abbildung 21), bietet sich jedoch ein differenzierteres Bild: Bis 1952 blieb dieser Nährstoffeintrag bei unter 20 kg/ha. Der für 1913 errechnete Maximalwert von 32 kg/ha konnte erst im Zuge der „*green Revolution*“ (vgl. Kapitel 1) 1957 erreicht werden. Eine Steigerung auf ein Niveau von mehr als 100 kg /ha erfolgte erstmalig am Ende der 1960er Jahre. Beim Vergleich mit den

österreichischen Daten ab 1920 ist allerdings zu beachten, dass Phosphor hier nicht in Form von Phosphorsäure (H_3PO_4), sondern als Phosphoroxid (P_2O_5) erfasst ist.

Abbildung 21 - Entwicklung der Nährstoffeinträge durch mineralische Dünger (N, P_2O_5 und K_2O zusammen) für Österreich im Zeitraum 1920 – 1995 in kg/ha [Quelle: Krausmann 2012]



Ein zeitgenössischer Vergleich kann mit den vorhandenen Kunstdüngerdaten für Belgien, Deutschland, Frankreich und Schweden aus dem Jahr 1912 angestellt werden (vgl. Tabelle 5). Belgien und Deutschland galten als Länder mit besonders stark ausgeprägten Landwirtschaftssektoren. In Deutschland wurden 1910 laut dem Institut D'Agriculture in Rom insgesamt 168 kg künstliche Dünger pro Hektar Ackerland angewendet (Institut International D'Agriculture 1914). Davon stammen 82 kg aus Phosphatdüngern, 63 kg aus Kaliumdüngern und 23 kg aus Stickstoffdüngern. Die für Österreich berechneten Nährstoffgehalte von 15 % Stickstoff bei Chilesalpeter, 20 % für Kalium aus Kalisalzen,17,5 % Phosphor in Superphosphaten und 18 % Phosphor in Thomasmehl wurden herangezogen, um zu berechnen, dass 168 kg Mineraldünger in Deutschland einen Nährstoffeintrag von 30,4 kg pro Hektar brachten. Die gleichen Berechnungen wurden für Belgien durchgeführt, welches 1912 274 kg Kunstdünger pro Hektar Ackerland nutzte (Institut International D'Agriculture 1914). Dies entspricht einem Reinnährstoffgehalt von 24,15 kg Phosphat, 10,35 kg Stickstoff, und 4 kg Kalium pro Hektar, insgesamt also Einträgen von 38,5 kg pro Hektar Ackerland. Die Daten dieser beiden Länder sind am ehesten mit denen des „Maximumszenarios" für die nordwestlichen Kronländer, welches einen Gesamteintrag von 32 kg Nährstoffen pro ha Ackerland der Großbetriebe bedeutet, zu vergleichen. In Frankreich und Schweden, die im Vergleich zu Belgien und Deutschland über eine weniger stark intensivierte Landwirtschaft verfügten, konnten mittels Kunstdüngern insgesamt 10,1 und 9,5 kg an Reinnährstoffen in die dortigen Anbauflächen eingebracht werden. Diese Werte liegen im Vergleich zu den Berechnungen für Österreich-Ungarn genau zwischen den Reinnährstoffeinträgen von Variante 1 (6,55 kg/ha), bei der die Mineraldünger auf allen Ackerflächen gleichermaßen verteilt sind, und der Variante 2 (15,94 kg/ha),

bei der nur die Anbauflächen von Großbetrieben berücksichtigt sind. Bei der Berechnung für Belgien, Deutschland, Frankreich und Schweden beachtete das Institut International D'Agriculture auch Nährstoffe anderer Kunstdünger wie beispielsweise Ammoniumsulfat oder Guano. Der Vergleich mit den für Österreich-Ungarn erhobenen Daten ist dennoch zulässig, da Chilesalpeter, Kalisalze, Superphosphat und Thomasmehl den überwiegenden Großteil der europaweit verwendeten Kunstdünger ausmachten (Institut International D'Agriculture 1914).

Tabelle 5 - Reinnährstoffeinträge durch Mineraldünger in Europa. Dargestellt im Vergleich zu den Untersuchungsergebnissen in Österreich-Ungarn für 1913 (Angaben in kg/ha)

Variante 1: alle Ackerflächen werden gedüngt;
Variante 2: nur die Ackerflächen von Großbetrieben werden gedüngt;
Variante 3: wie Variante 2, allerdings werden 60 % der Mineraldünger in den Großbetrieben der Kronländer Böhmen, Mähren, Schlesien und Galizien verwendet.

	Phosphor (H_3PO_4)	*Stickstoff (N)*	*Kalium (K_2O)*	*Gesamteintrag*
Deutschland	14,35	3,45	12,60	30,40
Belgien	24,15	10,35	4,00	38,50
Frankreich	9,10	0,36	0,64	10,10
Schweden	5,72	0,99	2,76	9,47
Durchschnitt	**13,33**	**3,79**	**5,00**	**22,12**
Ö-U V.1	4,86	0,48	1,21	6,55
Ö-U V.2	11,82	1,18	2,94	15,94
Ö-U V.3	23,70	2,36	5,90	31,96

Die in Österreich-Ungarn eingebrachte Menge an Mineraldüngern ist jedoch im Vergleich zu den Düngeempfehlungen in der zeitgenössischen Fachliteratur, welche in Kapitel 2.2. dargestellt sind, sehr gering. Alleine für die Phosphordüngung von Getreide mit hochgradigem Superphosphat wurden 200 – 400 kg pro Hektar, für Thomasmehl 400 – 800 kg pro Hektar empfohlen. Diese Richtwerte entsprächen im Durschnitt jährlichen Phosphoreinträgen von 52,5 kg für Superphosphat und 144 kg für Thomasmehl pro Hektar (Pabst 1885). Vor diesem Hintergrund ist selbst der für das Maximumszenario im Jahr 1913 berechneten Phosphoreintrag von 23,7 kg/ha als gering einzustufen.

4.5 Zusammenfassung der Ergebnisse

Die Daten zeigen, dass die Anwendung mineralischer Düngemittel in Österreich Ungarn mit der Einfuhr von Chilesalpeter bereits seit 1853 in sehr geringem Ausmaß beobachtet werden kann. Erst in den frühen 1880er Jahren ist aus der Dokumentation der inländischen Produktion und der Importe ein Anstieg in der Verfügbarkeit von Mineraldüngern zu beobachten. Angesichts der kommerziellen Einführung von Guano, Chilesalpeter als auch knochenbasierendem Superphosphat in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts und der zeitgleich beginnenden intensiven

Nutzung dieser Mineraldünger in Ländern wie beispielsweise Deutschland oder England (Smil 2004; Finck 1992) scheint diese Entwicklung in Österreich-Ungarn verspätet einzusetzen. Chilesalpeter ist mit der Einfuhr seit 1853 der statistisch am frühesten erfassbare Mineraldünger, in den 1870er Jahren wurden Phosphatdünger in der Kategorie „Künstliche Dungmittel“ sowie Kalisalze als Dungsalze erfasst. Für die inländische Produktion sind in Kalusz Daten zur Kalisalzgewinnung ab 1873 feststellbar. Die Produktion von Superphosphat ist ab 1880, die von Thomasmehl ab 1887 dokumentiert.

Besonders dominant sind sowohl im Import als auch der lokalen Produktion die Phosphatdünger Superphosphat und Thomasmehl, die industriell erzeugt und somit im Gegensatz zu Chilesalpeter und Kalisalzen nicht ausschließlich von natürlich vorkommenden mineralischen Rohstoffquellen abhängig waren. Während Superphosphat bis zum Ersten Weltkrieg für den Großteil der inländisch erzeugten Mineraldünger verantwortlich war, stieg der Thomasmehlimport kontinuierlich bis zum Ersten Weltkrieg an. Dem gegenüber war die Stickstoffzufuhr durch Chilesalpeter und die Kaliumdüngung mittels Kalisalzen vergleichsweise gering, obwohl deren Importzahlen bzw. für Kalisalze auch die inländische Produktion deutlich zunahmen. Entsprechend ist davon auszugehen, dass Mineraldünger vordergründig für die Nährstoffversorgung mit Phosphat genutzt wurden.

Insgesamt erschien die Nährstoffversorgung durch Mineraldünger im Vergleich zu anderen europäischen Staaten selbst am Ende des Untersuchungszeitraums als eher gering. Allerdings dominierten unter allen Mineraldüngern in anderen europäischen Staaten ebenfalls die Phosphatdünger: In Deutschland waren diese für 48,8 %, in Belgien für 50,4 % aller Mineraldünger verantwortlich (Institut International D’Agriculture 1914). Die hier angestellten Berechnungen ergeben für Österreich-Ungarn im Jahr 1913 einen Anteil von 63 % für Superphosphat und Thomasmehl an allen Mineraldüngern.

Das Verhältnis zwischen Import und lokaler Produktion entwickelte sich sukzessive zu Gunsten der Importe: Während diese 1889 für 27,8 % aller in Österreich-Ungarn erhältlichen Mineraldüngerprodukte verantwortlich waren, stieg der Anteil bis 1913 auf 59 % an. Entsprechend kann darauf geschlossen werden, dass die inländische Erzeugung den steigenden Bedarf nicht abdecken konnte bzw. nicht konkurrenzfähig war: Die inländische Superphosphatindustrie erzeugte etwa unter ihrem potentiellen Produktionsniveau, nachdem die Nachfrage für inländische Erzeugnisse gegenüber den günstiger erhältlichen Superphosphaten aus dem Ausland nur bedingt hoch war. Thomasmehl aus Kladno und die Kalisalze aus Kalusz waren andererseits Produkte, die durch ihr Vorkommen als Beiprodukt bzw. natürliche Ressource nur in limitiertem Ausmaß vorhanden waren. Daher musste der Bedarf in Österreich-Ungarn, der nicht durch die inländische Erzeugung abgedeckt werden konnte, über Importe kompensiert werden.

Gleichsam kann nicht davon ausgegangen werden, dass Mineraldünger im selben Ausmaß auf allen Ackerflächen zur Anwendung kamen. Sie stellten eine neue Praxis der Nährstoffzufuhr dar, die nicht mehr auf lokale oder hofeigene Ressourcen zurückgriff, sondern Dünger zu einem spezialisierten chemischen Produkt machten. Die Benennung der untersuchten Mineraldünger als „Hilfsdünger“ in

zeitgenössischen Quellen (k.k. Ackerbau-Ministerium 1874) ist ein klares Indiz dafür, dass diese nur als Ergänzung zu bestehenden Praktiken der Nährstoffversorgung gesehen wurde. Kapitel 5.3.2 wird insbesondere auf die Rolle von Stallmist, der während des gesamten Untersuchungszeitraums als der primäre Nährstofflieferant galt, eingehen. Als Anwendungsgebiete für Mineraldünger müssen in erster Linie marktorientierte Großbetriebe mit umfangreichen Anbauflächen gesehen werden, die speziell in Böhmen, Mähren und Schlesien, zu finden waren. Wie die angestellten Berechnungen zeigen, muss ein Großteil der Mineraldünger in diese Gebiete geflossen sein, um eine Nährstoffbasis für die intensivierte Landwirtschaft zu ermöglichen Der heimische Bedarf an Mineraldüngern stieg kontinuierlich mit zunehmenden Hektarerträgen und Erntemengen bis zum Ersten Weltkrieg an.

Was durch die Importdaten eindeutig belegt werden kann, ist der Einbruch, den der Erste Weltkrieg mit sich brachte. 1914 sanken die Zahlen der Importe durch die mit dem Krieg verbundenen Handelsembargos dramatisch: 1913 wurden insgesamt 466.554 Tonnen der untersuchten Mineraldünger importiert. 1914 sank diese Zahl auf 332.373 Tonnen, 1915 sogar auf 108.772 Tonnen. Für die inländische Produktion liegen in den Kriegsjahren keine Zahlen vor, es ist aber zu erwarten, dass auch hier ein Einbruch passierte. Arbeitskraft und die Ressourcen der Chemiebetriebe, welche Düngemittel erzeugten, wurden im Rahmen des Krieges andersweitig umgewidmet (Prickler 2003).

Der 1913 festgestellte Nährstoffeintrag an Stickstoff, Phosphor und Kalium pro Hektar, wenn alle Ackerflächen Österreich-Ungarns berücksichtigt werden, liegt mit 6,6 kg weit hinter den für Belgien (38,5 kg/ha) und Deuschland (30,4 kg/ha) genannten Werten. Entsprechend muss davon ausgegangen werden, dass der Kunstdüngerverbrauch trotz massiven Steigerungen ab den 1880er Jahren nicht nur im Vergleich zu den heutigen Zahlen, sondern auch im damaligen europäischen Kontext als gering einzuschätzen war. Darüber hinaus kann auch nicht von einer gleichmäßigen Verteilung der Mineraldünger ausgegangen werden. Gewinnorientierte große Landwirtschaftsbetriebe und die Regionen, in denen sie geballt vorzufinden sind, stellen die Gebiete dar, in denen Mineraldünger tatsächlich zu einer umfangreichen Anwendung kamen.

5 Kontextualisierung

Nach der Präsentation der quantitativen Erhebungsergebnisse wird in diesem Abschnitt diskutiert, warum der Mineraldüngerverbrauch in den 1880er Jahren in Österreich-Ungarn stark anstieg und warum Mineraldünger bis zum Ersten Weltkrieg nur in einem, international gesehen, geringen Ausmaß Eingang in die österreich-ungarische Landwirtschaft fanden. Auf die wichtigsten Faktoren, die sich positiv und negativ auf den Mineraldüngereinsatz auswirkten, wird in den Unterkapiteln 5.2. und 5.3. eingegangen.

5.1 Erklärung des Anstiegs in den 1880er Jahren

Um eine Erklärung für den in den 1880er Jahren beginnenden und kontinuierlich weiterverlaufenden Anstieg in Import und Produktion finden zu können, erscheint ein Blick auf die wirtschaftliche Gesamtsituation aufschlussreich. An dieser Stelle sei nochmals darauf verwiesen, dass die Produktivität des Agrarsektors eine Schüsselrolle für das umfassende Einsetzen der Industrialisierung spielt: Die Landwirtschaft stellt nicht nur die Nahrungsgrundlage für die industriell tätige Bevölkerung zur Verfügung, sondern ist gleichzeitig eine bedeutende Quelle der inländischen Kapitalakkumulation, die wiederum industrielle Unternehmungen finanziell erst möglich macht (Matis und Bachinger 1973). Eine erste breite Industrialisierung setzte in Österreich-Ungarn mit der Mitte des 19. Jahrhunderts, im europäischen Vergleich recht spät, ein. Der Begriff der „wirtschaftlichen Rückständigkeit“, wie ihn Alexander Gerschenkron im Zusammenhang mit dem Studium europäischer Industrialisierungsprozesse formulierte (Gerschenkron 1952), wurde wiederholt zur Beschreibung der österreichischen Situation herangezogen (vgl. Sandgruber 1978; Hoffmann 1978). Matis und Bachinger betrachten die Abschaffung der Grundherrschaft im Jahr 1848 und des Zunftwesens 1859 als die beiden wichtigsten Rahmenbedingungen zur Schaffung von modernen Organisations- und Produktionsformen in allen Sektoren der Wertschöpfungskette ein. Mit staatlichen Eingriffen, wie der sukzessiven Erweiterung des Eisenbahnnetzes und der Einführung von Schutzzöllen zur Absicherung des Binnenmarkts, wurde diese erste Industrialisierungsphase von öffentlicher Hand unterstützt.

Gleichsam muss an dieser Stelle angemerkt werden, dass die Industrialisierung in Österreich-Ungarn nicht nur verspätet, sondern regional in unterschiedlichem Ausmaß einsetzte. Insbesondere die nordöstlichen Kronländer wie Böhmen, Mähren, Schlesien, aber auch Teile Niederösterreichs und der Steiermark wurden nicht zuletzt aufgrund von Kohle- und Erzvorkommen zu den Zentren der österreich-ungarischen Industrie. Eine erste sektorübergreifende Krise brachte die weltweit auftretende „*Große Deflation*“ in den Jahren 1873–1879 (Matis und Bachinger 1973). Diese manifestierte sich durch verminderte Wachstums- und Investitionsraten, welche wiederum zu einem Einbruch der Produktionsvolumina und der Preisniveaus führten. Mit dem Beginn der 1880er Jahre und den damit verbundenen Konjunktursprüngen erfolgte eine Stabilisierung der Situation. Matis und Bachinger sprechen davon, dass allerdings erst im Jahr 1887 die Krise vollkommen überwunden war und fortan alle Industriebereiche rasante Produktionssteigerungen

erlebten. Für diesen Aufschwung waren vor allem die technischen Innovationen und die Bereitschaft, kapitalintensive Methoden einzubringen, förderlich. Angesichts der internationalen Konkurrenzsituation schienen solche Maßnahmen zur Sicherung der Marktfähigkeit unumgänglich.

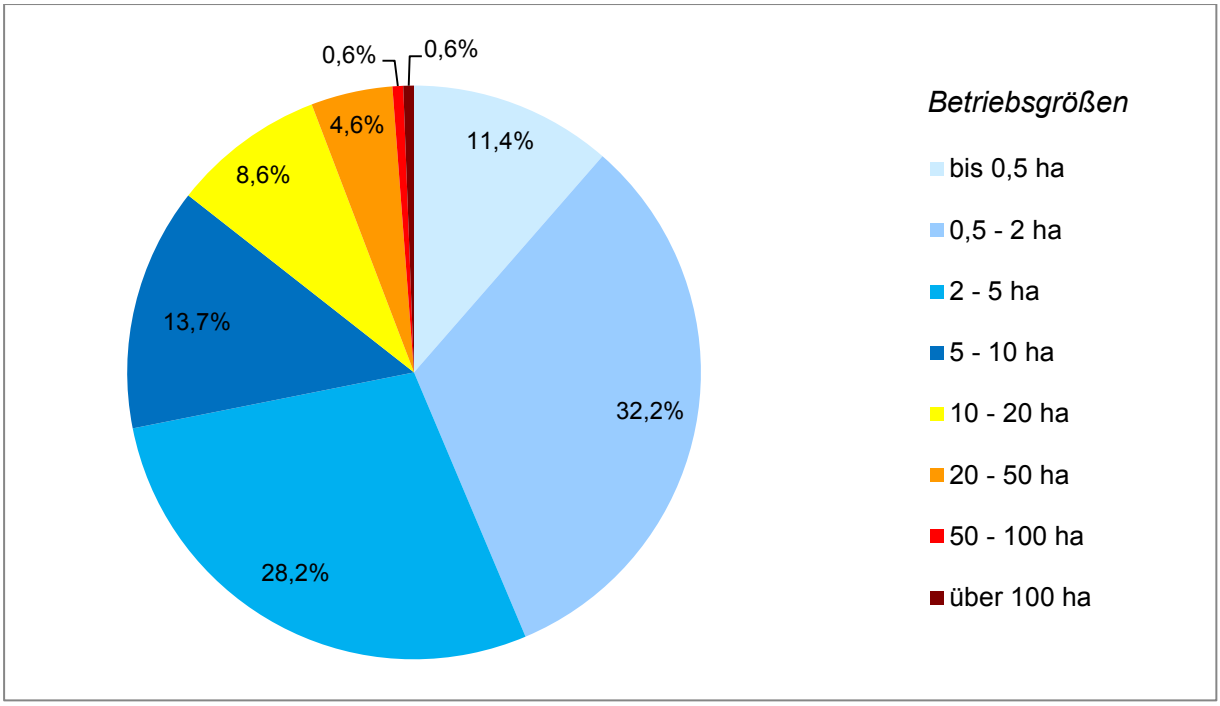
Für das Aufkommen von Mineraldüngern in Österreich-Ungarn ist diese Entwicklung besonders interessant, da die Überwindung der erwähnten Krise zeitlich mit deren Anstieg in den 1880er Jahren zusammenfällt. Andererseits sind Mineraldünger als eine der einsetzenden Modernisierungsstrategien im landwirtschaftlichen Sektor zu verstehen, die von großen Agrarbetrieben angewandt wurde. Die erzeugten Produkte dienten nicht nur der direkten Versorgung der nun vermehrt industriell tätigen Bevölkerung mit Lebensmitteln. Zusätzlich erforderten aufkommende Zweige der Lebensmittelindustrie, wie beispielsweise die Rübenzuckererzeugung, steigende Mengen an Ernteprodukten zur Verarbeitung. Zusammenfassend wären die Mineraldünger der 1880er Jahre in diesem Kontext also als Intensivierungsstrategie zu betrachten, die stark an die sektorübergreifende Entwicklung der österreich-ungarischen Wirtschaft gebunden war.

5.2 Fördernde Faktoren

5.2.1 Rationalisierte Großbetriebe

Wie in Kapitel 4.4 gezeigt wurde, erscheint es sehr naheliegend, dass die Anwendung von Mineraldüngern stark in den marktorientierten und für die Lebensmittelindustrie produzierenden Großbetrieben erfolgte. Speziell Böhmen, Mähren und Schlesien verfügten über solche landwirtschaftlichen Unternehmungen. Betrachtet man die Größenverteilung aller land- und forstwirtschaftlichen Betriebe in der österreichischen Reichshälfte (vgl. Abbildung 22; Sandgruber 1978), so fällt auf, dass lediglich 1,2 % aller Betriebe mehr als 50 ha Fläche bewirtschafteten. 71,8 % hingegen verfügten über 5 ha oder weniger. Es ist davon auszugehen, dass diese Mehrzahl an Landwirtschaften in einem sehr kleinen, primär auf die Deckung des Eigenbedarfs ausgerichteten Rahmen produzierten.

Abbildung 22 – Größenstruktur land- und forstwirtschaftlicher Betriebe in der österreichischen Reichshälfte im Jahr 1902 (Anteil an der Gesamtzahl an Betrieben in Prozent) [Quelle: Sandgruber 1978]



Die Großbetriebe in Böhmen, Mähren und Schlesien, von denen die mehr als 100 ha umfassenden Betriebe allein mehr als 500.000 ha an Ackerfläche bewirtschafteten, müssen nach der Analyse der Quellmaterialien als die Hauptkonsumenten von Kunstdüngern gelten. Für Hoffman galten der böhmischen Großgrundbesitz als geradezu „musterhaft organisierter Großbetrieb, der sich durch einen hochentwickelten Futterpflanzenbau, eine rationelle Viehzucht und den Anbau von gewerblichen Nutzpflanzen auszeichnete“ (Hoffmann 1978, 22).

Das wichtigste Indiz hierfür ist die Ertragssteigerung, welche sich im 19. Jahrhundert beobachten lässt. In Böhmen stieg der Ernteertrag für Zuckerrüben zwischen 1859 und 1904 von 14,5 auf 26,6 Tonnen pro Hektar (Sandgruber 1978). Im Vergleich dazu lag der Hektarertrag für Zuckerrüben in Deutschland am Beginn des 20. Jahrhunderts bei 29,9 Tonnen (Schmitz 1927). Somit konnte Böhmen in der Zuckerrübenkultur durchaus ähnliche Hektarerträge wie europäische Länder mit einer sehr fortschrittlichen Agrarwirtschaft erzielen. Gleichsam wuchs der gesamte Ernteertrag in Böhmen zwischen 1854 und 1904 von 1.699.800 auf 3.716.300 Tonnen an (Sandgruber 1978). Ähnliche Entwicklungen sind auch in geringerem Umfang für Mähren und Schlesien zu beobachten. Parallel dazu wurde die Rübenzuckererzeugung bis zum Beginn des 20. Jahrhunderts zur bedeutendsten Exportindustrie der Monarchie mit einer jährlichen Ausfuhr von über 500.000 Tonnen Zucker (Dinklage 1973). Die überdurchschnittlichen Ertragssteigerungen Böhmens sprechen angesichts einer geringen Zunahme von Ackerland für die Rolle von Mineraldünger als Intensivierungsstrategie. Für Viehdünger wird berichtet, dass

> „besonders Dr. Schnabel und Dr. Stemmer über die Unzulänglichkeit des natürlichen Düngers Klage führen, obwohl damals [in den 1870er Jahren] in Böhmen drei Millionen Stück landwirtschaftliche Nutztiere gezählt wurden. Damals anerkannten selbst die Landwirte die Unzulänglichkeit des Ersatzes der Nährstoffe für die bei der Ernte erfolgte Entziehung derselben und gestanden ein, welche unbedeutende Erträge ihnen einzelne Kulturprodukte liefern, während in Deutschland bereits konzentrierte Stickstoff- und Phosphordungmittel Anwendung fanden.“ (Stoklasa 1907).

In Ungarn griffen zwar die großen Zuckerrübenwirtschaften auf Mineraldünger zurück, in der gesamten ungarischen Landwirtschaft, war der Verbrauch allerdings sehr gering (Cserhati 1891). Für diese vergleichsweise geringe Anwendung von Mineraldüngern wurde lange auf die relative Rückständigkeit der ungarischen Landwirtschaft bezüglich Bearbeitungspraktiken verwiesen.

> „Noch im Jahre 1874 bestand die Hälfte aller Acker Geräthe in Ungarn aus Holzpflügen, welche das Feld weniger pflügten als aufritzten, heute sind dieselben verschwunden. [...] Auch der Werth des Düngers wird wohl erkannt; neben mehr und besserem Stalldung verbreitet sich die Anwendung der Kunstdüngemittel“ (Wiener 1897, 1).

Insgesamt ist davon auszugehen, dass eine weitverbreitete Anwendung von Mineraldüngern in Ungarn erst am Ende des 19. Jahrhunderts beobachtet werden kann. Wie in Kapitel 5.3.1 erläutert wird, ist in erster Linie die Ausweitung von Anbauflächen für die Ertragssteigerungen verantwortlich, während Intensivierungsmaßnahmen nur am Rande verfolgt wurden.

5.2.2 Landwirtschaftliche Bildungseinrichtungen und Publikationen

Für die Anwendung von Mineraldüngern in den Gebieten Böhmen, Mähren und Schlesien sprach vor allem die Organisation der dortigen landwirtschaftlichen Großbetriebe. „Eine ganz entscheidende Rolle kam jedoch einer auf den Großgütern verwendeten Schicht, nämlich den hochqualifizierten Güterbeamten zu, die von ihren Herren zur Ausbildung auf die ersten Landwirtschaftsschulen entsandt wurden“, berichtet Hoffmann über die böhmische Landwirtschaft des 19. Jahrhunderts (Hoffmann 1978, 49).

In der österreichischen Reichshälfte fungierte die Universität für Bodenkunde seit 1872 als einzige landwirtschaftliche Hochschule. 1874 existierten nach Angaben des Ackerbauministeriums darüber hinaus 28 spezialisierte Ackerbauschulen, die teilweise öffentlich, aber auch von Vereinen und privat betrieben wurden. Auffallend ist dabei, dass sich 14 dieser Einrichtungen in den Kronländern Böhmen, Mähren und Schlesien befanden (Bruckmüller 1977). Gleichsam kann die erste Ingenieursschule mit einem eigenen Lehrstuhl für Landwirtschaft in Böhmen auf das Jahr 1779 zurückverfolgt werden (Stoklasa 1907).

Das Wissen, welches in diesen Anstalten vermittelt wurde, basierte auf aktuellen wissenschaftlichen Erkenntnissen. So waren für die böhmischen landwirtschaftlichen Hochschulen der 1850er Jahre vor allem die Lehren Liebigs, aber auch die Superphosphatexperimente von Lawes und Gilbert im Bereich der Nährstoffzufuhr von Interesse und führten zu „neuen Bestrebungen und neuen Ideen zur Pflanzen- und Tierproduktion“ (Stoklasa 1907).

Im nicht-akademischen Bereich kam den Vereinen und Genossenschaften eine wichtige Rolle für die Bildung der Landwirte zu. Diese galten nicht nur als politische und wirtschaftliche Interessensvertretungen, sondern auch als Austauschplattform, in der zeitgenössisches Fachwissen zu Themen wie Düngung, Absatzpreisen oder Stallfütterung an die Mitglieder herangetragen wurde (Bruckmüller 1977). Neben den Diskussions- und Vortragstätigkeiten waren Landwirtschaftsgesellschaften Herausgeber von Pamphleten, Ratgeberbüchern, aber auch landwirtschaftlichen Periodika. Entsprechend muss heute davon ausgegangen werden, dass Wissen und konkrete Informationen zu künstlichen Düngern im 19. Jahrhundert sowohl im schulischen als auch genossenschaftlichen Bereich verbreitet wurden. So berichtete die Allgemeine Zeitschrift für Land- und Forstwirtschaft, eine der auflagenstärksten landwirtschaftlichen Fachzeitschriften der Monarchie, bereits 1853 in einem mehrseitigen Artikel über die Herkunft von Guano und seinem Nutzen als Stickstoffdünger (Winkler 1853). Die Rezeption von Mineraldüngern war allerdings nicht nur positiv. Kritische Beiträge setzten sich mit dem Aufkommen von neuen Düngerprodukten auseinander, deren Wirksamkeit nicht die Werbeversprechen erfüllten. Ebenso thematisierten diese Zeitungen die Schwankungen an Nährstoffgehalten in bereits bestehenden Düngern und riefen die Landwirte dazu auf, sich zur Überprüfung an die lokalen landwirtschaftlichen Versuchsstationen zu wenden (Reitmair 1897).

Diese landwirtschaftlichen Versuchsstationen nahmen ihren Anfang im England des frühen 19. Jahrhunderts als wissenschaftliche Institutionen, die landwirtschaftliche Forschung in Bereichen wie der Tier- und Pflanzenzüchtung, aber auch neuer Agrartechniken betrieben. Ein besonderer Fokus wurde dabei auf empirische Feldversuche gelegt. Ursprünglich waren diese Versuchsstationen in Fachschulen eingegliedert, mit dem Ende des 19. Jahrhunderts wurden sie zunehmend privatisiert (Bruckmüller 1977). 1901 existierten 39 dieser Anstalten in der österreichischen Reichshälfte, wobei davon 28 im Besitz regionaler Wirtschaftsorganisationen waren (Fehér und Szabadváry 1981). Für die Wissensverbreitung zu Mineraldüngern nehmen diese Institutionen eine bedeutende Rolle ein, da die Ergebnisse aus den empirischen Düngerversuchen entweder in eigenständigen Schriften oder im Rahmen von Artikeln in landwirtschaftlichen Periodika publiziert wurden. Darüber hinaus konnten sich Landwirte, wie bereits ausgeführt, an die Versuchsstationen wenden, um die erworbenen Mineraldünger hinsichtlich deren Nährstoffgehalt überprüfen zu lassen.

Dieser Exkurs zu der institutionellen Rahmung und den schriftlichen landwirtschaftlichen Publikationen soll verdeutlichen, dass es höchst heterogene Wege der Verbreitung von Informationen zu Mineraldüngern gab. Allerdings scheint das reine Wissen um die Existenz dieser Produkte und deren Wirksamkeit nicht direkt zu einer Verwendung geführt zu haben. Die landwirtschaftliche Ausbildung und

der Einsatz von geschultem Personal in Großbetrieben regten hingegen die verstärkte Anwendung von Mineraldünger an. Nachdem insbesondere in Böhmen, Mähren und Schlesien solche rationell organsierten Betriebe verhaftet waren, ist es kaum verwunderlich, dass auch die schulische Ausbildung in den dortigen Gebieten eine starke Konzentration erfuhr. Offen bleibt in diesem Moment, wie in anderen Kronländern und insbesondere in kleinen agrarischen Unternehmungen mit der Nährstoffversorgung von Äckern umgegangen wurde.

5.3 Limitierende Faktoren

Die verhältnismäßig geringe Anwendung von Mineraldüngern in Österreich-Ungarn ist vor allem auf die Dominanz kleiner, wenig marktorientierter Agrarbetrieben zurückzuführen, für die Handelsdünger kein notwendiges Produkt zur Sicherung der Ernteerträge war. Deren wirtschaftliche Ausrichtung war entweder auf die Selbstversorgung oder die rudimentäre Belieferung unmittelbarer angrenzender Wirtschaftsräume fokussiert. Durch diese vergleichsweise geringe Marktorientierung waren Mineraldünger auch aus ökonomischer Sicht wenig attraktiv. Ein umfangreiches und auch quantitativ stetig zunehmendes Angebot von Mineraldüngern am inländischen Markt darf nach den bisherigen Ausführungen als gegeben betrachtet werden. Die These, welche hier im weiteren Verlauf vertreten wird, ist, dass diese landwirtschaftlichen Betriebe sehr in der traditionellen Logik der Nutzung hofeigener Ressourcen und externer Abfallprodukte als Nährstofflieferanten verhaftet blieben. Entsprechend schien der Zukauf eines hochspezialisierten Chemieprodukten, welche mit erheblichen finanziellen Kosten und Transportwegen verbunden waren, wenig attraktiv.

5.3.1 Erweiterung der Anbauflächen

Wie Hoffmann ausführt, stand eine Mehrproduktion gerade für kleine Agrarbetriebe im 19. Jahrhundert nicht im Vordergrund ihres Interesses, da sowohl die städtischen Absatzmärkte sehr überschaubar waren, und durch eine spät einsetzende Industrialisierung ohnehin ein großer Teil der Bevölkerung in der Landwirtschaft tätig blieb. Zudem galt Ungarn als „wahre Brot-, Schmalz- und Fleischgrube“, welches nicht nur die dortigen Gebiete, sondern vor allem die Hauptstadt Wien mit Getreide versorgte (Hoffmann 1978). Dabei ist anzumerken, dass die ungarische Landwirtschaft trotz Latifundien lange innerhalb der Monarchie als rückständig betrachtet wurde. Entscheidende Innovationen wie Pflüge aus Eisen zur tieferen Bodenbearbeitung gewannen erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts an Bedeutung (Wiener 1897). Gleichsam setzte Ungarns Agrarwirtschaft für die Verdreifachung der Erträge von 1869 bis 1913 auf eine Ausweitung der Anbauflächen, bei der insbesondere frühere Weideflächen zu Ackerland konvertiert wurden. Zwischen 1871 und 1914 stieg die Ackerfläche entsprechend von 10,36 auf 12,96 Millionen Hektar in Ungarn an (Puskás 1965).

Die Einführung von neuen Fruchtfolgesystemen, die zu einer sukzessiven Reduktion von Brachflächen und somit einer durchgehenden Nutzung von Anbaugebieten führten, brachte sowohl in den österreichischen Kronländern als auch Ungarn im 19.

Jahrhundert massive Ertragssteigerungen (vgl. Kapitel 3.2). Durch diese „virtuelle Extensivierung“ konnte mehr Fläche bewirtschaftet werden, entsprechend war eine Strategie der Intensivierung mit neuen Düngern in dieser Phase nur von sekundärer Bedeutung. Tabelle 6 illustriert den Zusammenhang zwischen Ernteerträgen und der Reduktion von Brachflächen anhand des Getreideanbaus in der österreichischen Reichshälfte. Für die Berechnung der Änderungsraten wurden die Durchschnittswerte aus den beiden Zeitenräumen 1876/85 und 1903/14 verglichen. Die absoluten Zahlen für 1903/14 sind als Bezugswerte in Tabelle 7 dargestellt. Besonders auffällig ist, dass die massivsten Ertragssteigerungen in den nordöstlichen Kronländern und Niederösterreich verzeichnet wurden. Gleichzeitig erfolgte in diesen Gebieten auch die stärkste Reduktion der Brachflächen.

Tabelle 6 - Prozentuelle Veränderungen in den Erträgen und Anbauflächen für Getreide zwischen 1876/85 und 1904/13, dargestellt für ausgewählte österreichische Kronländer [Quelle: Sandgruber 1978]

	Hektarerträge	*Erweiterung Anbauflächen*	*Gesamte Produktion*	*Reduktion der Brachflächen um*
Niederösterreich	23,5%	8,0%	29,3%	75,7%
Oberösterreich	14,3%	1,6%	15,6%	32,6%
Salzburg	9,6%	-20,0%	-8,8%	60,4%
Steiermark	0,9%	0,0%	0,7%	6,7%
Tirol/Vorarlberg	16,4%	-21,0%	-1,0%	-93,8%
Böhmen	33,1%	2,6%	34,6%	81,7%
Mähren	31,8%	4,6%	34,9%	76,6%
Schlesien	24,6%	2,5%	26,7%	43,4%
Galizien	28,7%	11,8%	37,0%	67,7%

Tabelle 7 - Mittelwerte der Getreideerträge und -anbauflächen in absoluten Werten für 1904/13, dargestellt für ausgewählte österreichische Kronländer [Quelle: Sandgruber 1978]

	Hektarerträge in 100kg/ha	*Anbauflächen in 100 ha*	*Gesamte Produktion in t*	*Brachflächen in 100 ha*
Niederösterreich	1,36	5.564	755.300	21
Oberösterreich	1,26	2.696	340.800	17
Salzburg	1,14	300	34.300	1
Steiermark	1,11	2.637	293.400	1
Tirol/Vorarlberg	1,34	732	98.300	1
Böhmen	1,66	15.819	2.620.100	11
Mähren	1,48	7.405	1.096.200	17
Schlesien	1,18	1.456	172.100	4
Galizien	1,08	23.016	2.479.200	112

5.3.2 Nährstoffeinträge durch hofeigene Ressourcen

Auf Grundlage der Einführung von neuen Nutzpflanzen und Fruchtfolgen (siehe Kapitel 3.2) gelang es zudem im 19. Jahrhundert Verbesserungen in der Bodenstruktur als auch der Nährstoffversorgung durch hofinterne Ressourcen zu erreichen. Hackfrüchte wie Kartoffeln oder Rüben erforderten eine intensive mechanische Bodenbearbeitung, was zu einer Lockerung des Oberbodens führte. Gleichsam sind Leguminosen, deren Anbau sukzessive in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts anstieg, für den Eintrag von Stickstoff verantwortlich. Zwischen 1880 und 1913 entwickelte sich beispielsweise die Produktion von Klee in den österreichischen Kronländern von 2,26 auf 3,74 Millionen Tonnen, wobei 1913 allein in Böhmen 1,12 Millionen Tonnen Klee geerntet wurden (Sandgruber 1978). Fridolin Krausmann berechnete, dass 1910 im Gebiet des heutigen Österreichs (Donau- und Alpenländer der Monarchie; ca. 20 % der Ackerfläche der österreichischen Reichshälfte) durch Leguminosen 22.000 Tonnen Stickstoff pro Jahr als Reinnährstoff in die landwirtschaftlichen Böden eingebracht wurden (Krausmann 2004). Verglichen damit enthielt nach den vorliegenden Berechnungen der gesamte Chilesalpeterimport 1913 Jahres gerade 9.200 Tonnen Stickstoff. Daraus muss geschlossen werden, dass die Stickstoffversorgung mit Leguminosen eine sehr potente Nährstoffquelle darstellte, welche die Rolle von Mineraldüngern gerade für die Stickstoffversorgung in Ackerböden in den Hintergrund treten ließ.

Mit der zweiten großen agrarischen Innovation des 19. Jahrhunderts, der Einführung der Sommerstallfütterung, konnte nicht nur eine Verwertung für Erntereste und Leguminosen als Futtermittel gefunden werden, sondern auch die Anzahl an gehaltenem Vieh gesteigert werden. Zwischen 1857 und 1910 stieg der Bestand an Rindern, Kühen und Jungvieh in der österreichischen Reichshälfte von 14.531 auf 17.232 Tiere an (Sandgruber 1978). Stallmist stellte für die landwirtschaftlichen Familienbetriebe des 19. Jahrhunderts die primäre Düngerquelle dar. Wenig verwunderlich ist, dass somit mineralische Dünger oft auch die Bezeichnung „Hilfsdünger“ (k.k. Ackerbau-Ministerium 1874) bekamen. Der hohe Stellenwert von Stallmist zeichnet sich auch in der Fülle an Fachliteratur und Beiträgen in landwirtschaftlichen Periodika ab. In selbigen wurden Fragen zur Optimierung der Gewinnung, wie durch die Wahl der Einstreu im Stall, oder der fachgerechten Lagerung gestellt (Luppe 1869).

Während in den österreichischen Kronländern die Optimierung der Stallmistdüngung spätestens in der zweiten Hälfte begann, verzögerte sich diese Entwicklung in Ungarn. Folgendes Zitat aus einem Zeitungsbericht zur Situation der Landwirtschaft in Ungarn illustriert die zeitgenössische Wahrnehmung des dortigen Umgangs mit Stallmist:

> „Aber selbst noch Mitte der Siebziger Jahre war Stalldünger in Ungarn ein so wenig gesuchter Artikel, daß beispielsweise die zwischen Pest und Neupest [...] liegende Linzersche Spiritusfabrik ihren seit vielen Jahren angehäuften, besten Mastdünger nicht nur nicht verwerthen, sondern nicht einmal verschenken konnte, sondern gezwungen war, die vielen tausend Fuhren besten Stalldünger theils zu verbrennen, theils in die Donau zu werfen, weil der Pester Magistrat diese in

> nächster Nähe der Hauptstadt lagernden Unmassen von Düngern aus Sanitätsrücksichten nicht länger dulden wollte“ (Hitschmann 1890).

Stallmist enthält neben Stickstoff auch Phosphor und Kalium. Krausmann berechnete für 1910, dass allein mittels Viehmist 66.000 Tonnen an Stickstoff effektiv in die Ackerböden des heutigen Gebiets von Österreich eingebracht wurden. Im Vergleich dazu waren es 1857 noch 42.711 Tonnen (Krausmann 2004; Krausmann 2012). Ausgehend davon, dass die Relation von Stickstoff zu Phosphor und Kalium in einstreuarmen Stallmist durchschnittlich 1: 0,86:1,44 beträgt (Galler 2009), kann darauf geschlossen werden, dass 1910 zusätzlich 50.000 – 55.000 Tonnen Phosphor und ca. 95.000 Tonnen Kalium im Stallmist enthalten waren. Im Vergleich dazu wurden durch die Mineraldünger 1910 83.186 Tonnen Phosphor und 16.399 Tonnen Kalium in ganz Österreich-Ungarn bereitgestellt. Angesichts des Nährstoffpotentials der steigenden Mengen an den hofinternen Ressourcen Leguminosen und Stallmist erscheint es wenig verwunderlich, dass eine Steigerung der Erträge erfolgte, ohne dass notwendigerweise auf Mineraldünger zurückgegriffen wurde. Gleichzeitig dominierten in der Anwendung Superphosphat und Thomasmehl eindeutig unter allen Mineraldüngern. Somit wurde zur zusätzlichen Versorgung von Anbauflächen mit Phosphor durchaus auch auf industriell erzeugte Dünger zurückgegriffen. Für die Stickstoff- und Kaliumzufuhr hatten Mineraldünger hingegen nur eine geringe Bedeutung. In der Versorgung von landwirtschaftlichen Böden mit dem Schlüsselnährstoff Stickstoff blieben biogene Ressourcen während des gesamten Untersuchungszeitraums abgesehen von Chilesalpeter und Ammoniumsulfat die einzige Quelle.

5.3.3 Düngerprodukte aus industriellen Abfällen

Neben den hier besprochenen Mineraldüngern müssen auch noch andere urban-industrielle Düngemittel erwähnt werden, die zumindest regional eine Rolle gespielt haben. Zum einen ist hier die sogenannte „Poudrette“ zu nennen: gesammelte und aufbereitete menschliche Fäkalien. Diese Form der Kreislaufschließung kam im Kontext dynamischer Urbanisierungprozesse und dem Wachstum der Städte auf (vgl. Gierlinger et al. 2013). Die Logik dahinter war, dass durch die menschliche Konsumation der Ernteprodukte deren Fäkalien auch in die Felder zurückgeführt werden müssen, um den Nährstoffentzug zu kompensieren (Arenstein 1856). Gleichzeitig gestaltete sich das Sammeln, Aufbereiten und Transportieren schwierig, weshalb Poudrette in Österreich-Ungarn nicht zu einem Massenprodukt wurde. Zwei erzeugende Fabriken können in Österreich nachgewiesen werden, von denen die eine in Wien Fäkalien aus einer Soldatenkaserne sammelte und als „Wiener Guano“ anbot, und sich eine weitere in Graz befand (Stummer-Traunfels 1870).

Ähnlich wie bei Poudrette war auch bei der Nutzung von industriellen Abfällen die Überlegung vorherrschend, dass es sich weniger um Abfälle als um wertvolle Ressourcen handelt durch die in Agrarregionen entzogene Nährstoffe kompensiert werden können. Beispielsweise wurden die bei der Rübenzuckerherstellung auftretenden Scheideschlämme als Dünger wieder in die Böden eingebracht. Reinhold Reith beschreibt, dass durch die limitierte Verfügbarkeit von Rohstoffen die Logik der Zweitverwertung und Abfallnutzung bis zum Beginn der Industrialisierung

massiv verfolgt wurde (Reith 1994). Entsprechend naheliegend war es, als Dünger beispielsweise auch Abfälle aus Baumwollfabriken oder Gerberlohe heranzuziehen. Das Angebot für solche Restdünger und deren Verfügbarkeit war stark an die Produktion der lokalen Gewerbe-und Industriezweige gebunden. Darum konnten diese Produkte während des Untersuchungszeitraums keine vergleichbare Marktstellung wie die untersuchten Mineraldünger einnehmen und wurden überwiegend regional vertrieben. Preislich gestalteten sich diese aus inländischen Abfallprodukten erzeugten Dünger jedoch als attraktive Alternative zu den vergleichsweise teuren Mineraldüngern (Dasert 1900).

5.3.4 Produktions- und Transportkosten

Für die vergleichsweise hohen Kosten von Mineraldüngern waren sowohl auf der Ebene des Endkunden als auch für die inländische Produktion im Wesentlichen die Transportkosten verantwortlich. Im Gegensatz zu den wirtschaftseigenen Düngern, die nur innerhalb des Betriebes transportiert wurden, fielen hier teilweise beträchtliche Wege an. Für die importierten Dünger scheint dies naheliegend, zumal das in Südamerika gewonnene Chilesalpeter langfristig nicht direkt aus Chile nach Österreich importiert wurde, sondern in der Regel aus Sachsen bezogen wurde und über weite Strecken auf dem Landweg transportiert werden musste (vgl. Kapitel 4.2.1). Insgesamt blieb Deutschland auch für die anderen untersuchten Mineraldünger das wichtigste Bezugsland. Dies ist darauf zurückzuführen, dass sich dort durch die lokalen Ressourcen, wie die Kalisalze aus Staßfurt, aber auch das in der Eisenindustrie anfallende Thomasmehl, eine vergleichsweise große Mineraldüngerindustrie entwickelte. Für beide Produkte war Deutschland 1912 mit einer jährlichen Produktion von 463.384 Tonnen Kalisalzen für den Düngergebrauch und 2.475.000 Tonnen Thomasmehl der weltweit größte Produzent (Institut International D'Agriculture 1914). Das in Österreich-Ungarn verkaufte deutsche Kalisalz war laut Expertenaussagen in Österreich primär durch Frachtkosten teurer als in Deutschland:

> „Unsere Landwirtschaft zahlt dem deutschen Kalisyndikat um Hunderttausende mehr als in Deutschland für das selbe Quantum gezahlt wird, nämlich durch die Fracht, weil in jenen Gebieten, wo die Fracht höher ist, höhere Preise eingefordert werden. Es hat eine Fracht von zirka Pfennige in Betracht zu kommen auf jenen Preis, den das Syndikat in Österreich fordert, und da kommt eheraus, daß der österreichische Preis um 100 Kronen höher ist als der in Deutschland." (k.k. Handels-Ministerium 1912, 14).

Aber auch der Verkauf von inländisch produzierten Mineraldüngern war von hohen Frachtkosten gekennzeichnet. Im Falle der Superphosphatindustrie musste für die Produktion auf importierte Mineralphosphate zurückgegriffen werden, da Knochenmehl nicht zur Erzeugung von Produkten mit hohem Phosphatgehalt geeignet war und es keine natürlich vorkommenden inländischen Mineralphosphatquellen gab. Eine ähnliche Rohstoffsituation gab es auch in anderen Ländern Europas, dennoch fielen beispielsweise in Italien durch die geographische Nähe zu den nordafrikanischen Phosphorvorkommen wesentlich geringere

Transportkosten an. Auch in Deutschland, der für Österreich-Ungarn wichtigsten Importquelle von Superphosphat, gestalteten sich die Transportvoraussetzungen wesentlich günstiger:

> „Die deutschen Fabriken sind ja bezüglich ihrer Produktion viel günstiger gestellt, sie liegen an Wasserstraßen, beziehen ihr Rohmaterial auf dem Wasserwege, sie haben viel billigere Frachtsätze usw. Die Deutschen, beziehungsweise das Ausland sind überhaupt imstande, billiger zu produzieren als in Österreich das sozusagen im Mittelpunkte von Europa gelegen ist“ (k.k. Handels-Ministerium 1912, 33).

Entsprechend günstig konnte 1912 Superphosphat in Deutschland mit umgerechnet 32 Hellern pro Kiloprozent angeboten werden, während für dasselbe Produkt in Österreich-Ungarn 49 Heller pro Kiloprozent veranschlagt wurde. Wie aus den Kartellverhandlungen hervorgeht, gewährte das k.k. Eisenbahnministerium der inländischen Superphosphatindustrie ab 1898 einen Frachtrabatt von 15 %, selbiger wurde aber auch der ausländischen Konkurrenz eingeräumt (k.k. Handels-Ministerium 1912). Vertreter der Superphosphatindustrie berichten in der gleichen Quelle, dass sie zudem die Belieferung der westlichen Gebiete wie Tirol und Salzburg bewusst der deutschen Konkurrenz überließen, da ein Verkauf durch die langen inländischen Transportwege nicht rentabel erschien.

Der Transport und dessen Kosten bedeuteten also sowohl für die Endprodukte als auch die lokale Produktion einen wesentlichen Teuerungsfaktor. Hierfür spricht auch die Größe und topographische Heterogenität Österreichs-Ungarns, die Transporte schwierig und kostenintensiv machten. In globaler Hinsicht verfügte die Monarchie mit Triest über einen einzigen Handelshafen am Meer, der allerdings speziell für Überseetransporte schwierig zu erreichen war und sehr weit von den wichtigen Agrarregionen der Monarchie entfernt lag. Somit scheinen die Transportprobleme schon aufgrund der geographischen Gegebenheiten aufzutauchen.

5.4 Zusammenfassung der Einflussfaktoren

Insgesamt können drei wesentliche Gründe identifiziert werden, die auf eine Konzentration der Anwendung mineralischer Düngemittel insbesondere in Böhmen, Mähren und Schlesien schließen lassen. Der sicher bedeutendste ist die hohe Dichte an rationell organisierten Landwirtschaftsbetrieben, wobei die Ertragserhöhungen im Zuckerrübenbau stark an die Verwendung von Mineraldüngern gebunden waren. Als zweiter Grund ist die Vermittlung von Fachwissen zu Mineraldüngern als integralem Bestandteil einer fortschrittlichen, rationalisierten Landwirtschaft zu nennen. Insbesondere landwirtschaftliche Schulen und Hochschulen sind hier als wichtigste Institutionen zu nennen. Deren Absolventen wurden wiederum verstärkt in Großbetrieben angestellt. Neben der institutionellen Bildung ist als dritter fördernder Faktor für die Anwendung von Mineraldüngern die Wissensvermittlung durch landwirtschaftliche Periodika und auch die Fortbildungstätigkeit im Rahmen von landwirtschaftlichen Genossenschaften und Vereinen anzuführen. Neben reinen Vortragsreihen organisierten diese Genossenschaften zudem gemeinsame

Mineraldüngerkäufe, die kleinen Betrieben eine preiswertere Beschaffung ermöglichten.

Den förderlichen Aspekten steht eine ganze Reihe von Einflussfaktoren gegenüber, welche den Einsatz von Mineraldüngern als nicht angebracht erschienen ließen. Während in den nordöstlichen Königreichen Großbetriebe vorherrschten, verfügte die Mehrheit aller Landwirtschaftsbetriebe in der österreichischen Reichshälfte über weniger als 5 ha Nutzfläche und produzierte vorwiegend für den Eigenbedarf. Verstärkend für das Fortbestehen solcher Kleinbetriebe wirkte die Tatsache, dass eine umfassende Industrialisierung und somit eine Umschichtung der Bevölkerung vom Agrar- auf den Gewerbesektor in Österreich-Ungarn erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts erfolgte. Der Anteil der in der Landwirtschaft tätigen Personen betrug aber selbst am Beginn des 20. Jahrhunderts noch mehr als 50 % (Sandgruber 1978). Die Nährstoffversorgung der Ackerböden wurde in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts insbesondere mittels steigenden Mengen an lokalen Ressourcen ermöglicht: Durch die Einführung von Fruchtfolgesystemen, bei denen Leguminosen verstärkt zum Einsatz kamen, konnte Stickstoff in die Böden eingebracht werden. Die Sommerstallfütterung und die effizientere Verarbeitung von Viehmist führten zu großen Mengen an Mist, der auch als primäre Düngerquelle für landwirtschaftliche Betriebe gesehen wurde. Zusammen mit der besseren Nutzung von Anbaugebieten durch den Rückgang von Brachflächen konnten die Hektarerträge bis zum Ersten Weltkrieg auch ohne die Zufuhr von Mineraldünger gesteigert werden. Gleichsam waren Mineraldünger durch die hohen Anschaffungskosten Produkte, die nur in hochspezialisierten Landwirtschaftsbetrieben Anwendung fanden. Für die Kosten war neben dem gänzlichen bzw. teilweisen Fehlen von lokalen Rohstoffen zur Düngerherstellung vor allem die Fracht der ausschlaggebende Teuerungsfaktor. Diese Frachtkosten betrafen sowohl die lokalen Produzenten als auch Endkonsumenten. Im Vergleich dazu konnten Mineraldünger in Deutschland günstiger bezogen werden, da dort sowohl große Mengen an natürlich vorkommenden Rohstoffen für die Mineraldünger als auch bessere Transportbedingungen vorherrschten.

6 Conclusio

Aus den durchgeführten quantitativen und qualitativen Erhebungen lässt sich schließen, dass die Mineraldünger Guano, Chilesalpeter, Kalisalz, Superphosphat und Thomasmehl in Österreich-Ungarn während Zeitraums 1848 – 1914 eine sehr unterschiedliche Verbreitung in den einzelnen Regionen erfuhren. Gleichzeitig muss betont werden, dass in den 1880er Jahren sowohl im Import als auch der lokalen Produktion ein erstmaliger Anstieg, welcher bis zum Ausbruch des Ersten Weltkriegs anhielt, beobachtet werden kann. Zwischen 1880 und 1913 stieg die gesamte Verfügbarkeit der untersuchten Mineraldünger nach den vorliegenden Berechnungen von 15.504 Tonnen auf 792.428 Tonnen an. Durch die mit dem Ersten Weltkrieg verbundenen Handelsembargos und den Rückgang in der lokalen Düngerindustrie sank das inländische Mineraldüngerangebot 1914 auf 557.075 Tonnen.

Die Verbreitung der Mineraldünger erscheint angesichts der weltweiten Verfügbarkeit seit der Mitte des 19. Jahrhunderts in Österreich- Ungarn insbesondere im Vergleich zu anderen europäischen Ländern mit sehr fortschrittsorientierten Agrarsektoren verspätet einzusetzen. Diese Entwicklung kann nicht unabhängig von gleichzeitig stattfindenden Industrialisierungsprozessen gesehen werden, zumal die Land- und Forstwirtschaft 1880 allein für 28 % des gesamten Bruttoinlandprodukts in der österreichischen Reichshälfte verantwortlich war (Kausel 1979). Ein erstes flächengreifendes Einsetzen der Industrialisierung ist in Österreich-Ungarn in die 1850er Jahre zurückzuverfolgen. Der Zeitraum von 1873 bis 1879 war sektorübergreifend vom weltweit auftretenden Wirtschaftsphänomen der *„Großen Deflation“* geprägt, das sich in verminderten Wachstums- und Investitionsraten manifestierte. Im Anschluss kam es in den 1880er Jahren zu einem Aufschwung, der sich in der Wirtschaft durch eine gesteigerte Bereitschaft zur Investitionen und kapitalintensive Produktionsmethoden, auszeichnete (Matis und Bachinger 1973). Im Rahmen dieses Aufschwungs ist zeitlich auch das massive Aufkommen von Mineraldüngern in Österreich-Ungarn zu verorten. Diese sind als Teil einer landwirtschaftlichen Intensivierungsstrategie zu verstehen, die vor allem von ökonomisch orientierten „modernen“ Großbetrieben aufgegriffen wurde.

Für die Bereitstellung der stickstoff- und kaliumhaltigen Mineraldünger waren nach vorliegenden Berechnungen die Importe die primäre Bezugsquelle. Stickstoff war unter den betrachteten Mineraldüngern alleinig in Chilesalpeter enthalten. Die über den Untersuchungszeitraum beobachteten Kaliumeinträge aus Mineraldüngern stammten zu 79 % aus importierten Kalisalze, für die vor allem die Staßfurter Kalisalzvorkommen in Deutschland relevant waren. Einzig bei den Phosphatdüngern Superphosphat und Thomasmehl spielte die inländische Erzeugung gegenüber dem Import die führende Rolle: 67 % des Phosphors aus Mineraldüngern wurde im gesamten Untersuchungszeitraum durch die lokale Produktion bereitgestellt. (vgl. Kapitel 4.4). 1889 wurden insgesamt 27,8 % der Mineraldünger über Importe abgedeckt, dieser Anteil erhöhte sich bis 1913 auf 59 %. Hierfür sind in erster Linie die großen Mengen an günstigem Kalisalz, Superphosphat und Thomasmehl aus Deutschland verantwortlich. Die heimische Mineraldüngerproduktion konnte dagegen aufgrund mangelnder inländischer Rohstoffe den Bedarf nur bedingt oder zu vergleichsweise hohen Endverkaufspreisen abdecken. Sowohl in Import als auch

lokaler Produktion dominieren unter den untersuchten Düngern die beiden Phosphatdünger Thomasmehl und Superphosphat. Zusammen machten diese 1913 63 % aller importierten und lokal produzierten Mineraldünger aus.

Bei der Anwendung der Mineraldünger ist nicht davon auszugehen, dass diese gleichmäßig auf allen Agrarflächen in Österreich-Ungarn erfolgte. Gerade kleinteilige Landwirtschaftsbetriebe konnten durch die Einführung von Fruchtfolgesystemen und die Nutzung von Stallmist ihre Ernteerträge auch ohne den Rückgriff auf Mineraldünger in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts steigern. Gleichzeitig kann für Ungarn festgestellt werden, dass Anbauflächen vor allem ausgeweitet wurden und Intensivierungsstrategien nur im Rahmen einzelner Latifundien verfolgt wurden. Eine Anwendung von Mineraldüngern erfolgte hingegen in rationellen gewinnorientierten Großbetrieben, wie sie vor allem in Böhmen, Mähren und Schlesien vorherrschend waren. In diesen Kronländern sind in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts auch die größten Hektarertragssteigerungen zu beobachten (vgl. Kapitel 3). Neben Getreide galt es hier vor allem Zuckerrüben für die heimische Zuckerindustrie in großen Mengen anzubauen. 1913 erreichte die Rübenzuckerherstellung mit einer Jahresproduktion von 1,05 Millionen Tonnen ihren Maximalwert, wodurch Österreich-Ungarn nach Deutschland und Russland zum weltweit drittgrößten Rübenzuckerproduzenten wurde (Matis und Bachinger 1973). Für die ausreichende Versorgung dieser Industrie wurde vor allem in den Großbetrieben Böhmens geschultes Personal eingesetzt, welches um die Maximierung der Erträge durch die Einführung von neuen Produktionstechniken bemüht war. Zu diesen Neuerungen zählt zweifelslos der Einsatz von Mineraldüngern, der in seiner Anschaffung gegenüber wirtschaftseigenen Düngern mit erheblichen Kosten verbunden war.

Die potenziellen Nährstoffeinträge für N, P und K aus der Anwendung der untersuchten Mineraldünger, wurden in drei Varianten berechnet. Unter der Einbeziehung aller Ackerflächen in Österreich-Ungarn wurde 1913 ein Nährstoffeintrag von 6,6 Kilogramm Reinnährstoff pro Hektar erreicht. Nachdem davon auszugehen ist, dass marktorientierte Großbetriebe die primären Konsumenten waren, konnte in einer zweiten Variante für das gleiche Jahr ein Eintrag von ca. 16 Kilogramm pro Hektar berechnet werden, wobei ausschließlich die Anbauflächen der Großbetriebe berücksichtigt wurden. Um der Rolle der nordöstlichen Kronländer als vermutlich wichtigstem Anwender gerecht zu werden, erfolgte in der dritten Berechnung eine Gewichtung auf die Großbetriebe in Böhmen, Mähren, Schlesien und Galizien. Diese resultierte in einem Eintrag von ca. 32 Kilogramm Nährstoffen pro Hektar für das Jahr 1913. Selbst diese Maximalvariante erscheint allerdings angesichts des heutigen Nährstoffeintrags durch Mineraldünger in Österreich, welcher jährlich etwa 115 Kilogramm pro Hektar Ackerfläche beträgt (Statistik Austria 2013), und den zeitgenössischen Düngeempfehlungen als sehr gering. Verglichen mit den Reinnährstoffen, welche durch Kunstdüngern im Zeitraum 1920 bis 1995 in die landwirtschaftlich genutzten Flächen Österreichs eingetragen wurden bietet sich jedoch ein differenzierteres Bild: Bis 1952 blieb dieser Nährstoffeintrag bei unter 20 kg/ha. Der für Österreich-Ungarn errechnete Maximalwert von 32 kg/ha konnte erst im Zuge der „Green Revolution“ (vgl. Kapitel 1) im Jahr 1957 erreicht werden. Die Steigerung auf ein Niveau von mehr als 100 kg /ha erfolgte erstmals am Ende der 1960er Jahre.

Aus sozialökologischer Sicht kamen Mineraldünger primär in Agrarbetrieben zum Einsatz, die nicht mehr ausschließlich auf die Grundversorgung der lokalen Bevölkerung ausgerichtet waren, sondern im industriellen Kontext Rohstoffe produzierten. In Anbetracht der im Untersuchungszeitraum stattfindenden Transition von der Agrar- zur Industriegesellschaft (vgl. Kapitel 1), erscheint dieser Zusammenhang wenig überraschend. Böhmen und Mähren galten im späten 19. Jahrhundert nicht zuletzt aufgrund deren Eisen- und Kohleindustrie als die wirtschaftlichen Vorreiter unter den Kronländern (Matis und Bachinger 1973). In der dortigen Landwirtschaft spiegelt sich diese Entwicklung neben dem Einsatz von Mineraldüngern auch in deren Mechanisierung wider: 1902 verfügten in Böhmen 27,2 % aller landwirtschaftlichen Betriebe über Dresch- und 45,8 % über Hächselmaschinen. Die durchschnittliche Nutzung betrug zu diesem Zeitpunkt in den Agrarbetrieben aller österreichischen Kronländer hingegen 11,5 % bzw. 28,8 %. Für den Antrieb dieser Maschinen blieb aber auch in Böhmen die menschliche und tierische Arbeitsleistung mit einem Anteil von 98 % die zentrale Energiequelle. Elektrizität, Dampf- und Wasserkraft machten im Vergleich dazu gemeinsam nur 2 % der Antriebsarten aus (Sandgruber 1978). Insofern befanden sich die landwirtschaftlichen Industrialisierungsprozesse im Vergleich zu den Entwicklungen nach dem Zweiten Weltkrieg (vgl. Kapitel 1) während des Untersuchungszeitraums erst in ihren Anfängen.

Dennoch kam es auch in dieser Art von rationalisierter Landwirtschaft zu einem Aufbrechen der lokalen Nährstoffkreisläufe durch die Einbeziehung von Mineraldüngern. Gleichzeitig passierte hier eine für die Industrialisierung typische Bewegung, bei der sich Agrarproduktionssysteme auf die Maximierung von Erträgen durch die Nutzung von industriell hergestellten Betriebsmitteln fokussierten. Für die Beschaffung bedeuteten diese neuen Nährstoffquellen in der Herstellung aber auch dem Transport erhebliche energetische Aufwände. Verkaufsfertige Mineraldünger waren großteils Importprodukte oder im Falle der österreich-ungarischen Superphosphatindustrie war es zumindest notwendig die Mineralphosphate aus dem Ausland zu beziehen. Diese Entwicklungen legten das Fundament für die fixe Verankerung von Mineraldüngern als Teil des intensivierten Ackerbaus, bei dem die Landwirtschaft gleichzeitig von einer Energiequelle zu einer Energiesenke wird (vgl. Kapitel 1).

Auf der anderen Seite ermöglichten agrarische Innovationen in den Bereichen Sommerstallfütterung und Fruchtfolgesysteme in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts für die Vielzahl an kleinen Betrieben eine verbesserte Nährstoffversorgung der Ackerflächen. Dabei galt Stallmist als der Hauptdünger, während Mineraldünger als Ergänzung aber nicht als Ersatz gesehen wurden. Betrachtet man die immensen Nährstoffeinträge an Stickstoff, Phosphor und Kalium, die durch Stallmist erzielt wurden (vgl. Kapitel 5.3.2), ist es wenig verwunderlich, dass Mineraldünger bis zum Ersten Weltkrieg ein Randphänomen blieben. Während die Wirksamkeit und der Mehrwert dieser neuen Dünger in der Fachliteratur und landwirtschaftlichen Periodika immer wieder betont wurde, blieb gleichzeitig die traditionelle Vorstellung von der Nährstoffversorgung durch lokale Materialkreisläufe ein wichtiger Bestandteil der Funktionsweise agrarischer sozial-ökologischer Systeme. Dies spiegelt sich in der ausführlichen Thematisierung von menschlichen Exkrementen oder Industrieabfällen als potentiellen Düngerquellen wider (vgl. Kapitel

5.3.3). Der beobachtete kontinuierliche Anstieg von Mineraldüngern bis zum Beginn des Ersten Weltkriegs lässt jedoch darauf schließen, dass diese Dünger durch eine zunehmend verbesserte Eisenbahninfrastruktur begannen auch für größere landwirtschaftliche Familienbetriebe finanziell interessant zu werden.

Die vorliegenden Untersuchungen wurden im Rahmen einer Masterarbeit umgesetzt, bei der es galt die quantitative Dimension der Verbreitung von Mineraldüngern für den Zeitraum 1848 – 1914 zu rekonstruieren. Gleichzeitig konnte mittels zeitgenössischer Quellen dargelegt werden, wo diese Dünger vorrangig eingesetzt wurden und welche Faktoren das räumliche und zeitliche Muster der Anwendung bestimmten. Ausgehend von diesen Ergebnissen würde sich an dieser Stelle als nächster logischer Schritt die genauere Betrachtung der tatsächlichen Nutzung von Mineraldüngern in den Großbetrieben der nordöstlichen Kronländer anbieten. Mittels konkreter Aufzeichnungen zum Erwerb in einzelnen Betrieben könnte genauer eingeschätzt werden, wie hoch die tatsächliche Anwendung bei diesen vermeintlichen Hauptabnehmern war. Gleichzeitig wäre auch die Betrachtung von weniger dominanten Abnehmern, wie beispielsweise in den landwirtschaftlich geprägten Gebieten wie Niederösterreich oder der Steiermark interessant, um nachzuvollziehen, wie sich das bis 1913 steigende Angebot an Mineraldüngern hier widerspiegelte.

In der finalen Phase des Übergangs von einer Agrar- zu einer Industriegesellschaft veränderte in Österreich die sogenannte „Green Revolution“ in den 1950er Jahren die landwirtschaftliche Produktionsweise maßgeblich (Sieferle et al. 2006). Wie sich die Anwendung von Mineraldüngern in Österreich nach dem Verlust der großflächigen Anbaugebiete in den ungarischen und nordwestlichen Kronländern bis in die Mitte des 20. Jahrhunderts entwickelte, wäre ein spannendes Forschungsvorhaben. Besonders interessant wäre dieses auch angesichts des Aufkommens von industriell hergestellten Stickstoffdüngern durch die Haber-Bosch-Synthese in der Zwischenkriegszeit. Ob Viehmist nach wie vor als primäre Düngerquelle angesichts einer zunehmenden Segregierung der Landwirtschaft in Viehwirtschafts- und Ackerbaubetriebe galt, müsste hier vor allem analysiert werden.

Zusammenfassend erscheint die Einführung der Mineraldünger in Österreich angesichts des heutigen Ausmaßes der Anwendung eine sehr zögerlich gewesen zu sein. Gleichzeitig sind in dieser verzögerten Entwicklung wichtige Anhaltspunkte zu finden, die für die aktuelle Versorgungssituation von landwirtschaftlichen Böden bedeutend sind. Diese sind insbesondere in den Vorstellungen von einer Düngung im Rahmen lokaler Kreisläufe zu finden. Zum Einen ist hier die Nährstoffversorgung mit landwirtschaftseigenen Ressourcen in Form von optimierten Fruchtfolgesystemen mit stickstoffbindenden Leguminosen oder Stallmist zu nennen, die eine langfristige Nährstoffversorgung der Anbauflächen insbesondere mit Stickstoff aber auch Phosphor und Kalium ermöglichen. Zum Anderen erscheint die intensive Nutzung von Abfällen, insbesondere Poudrette, auf den ersten Blick etwas bizarr, aber als logische Vorgängerdebatte zur Nutzung von Klärschlamm einzuordnen. Die Rückführung dieser Abfälle trotz aller Verunreinigungsprobleme, die derzeit vorherrschen, würde sich insbesondere als Alternative für die Anwendung von Mineralphosphaten anbieten.

7 Literaturverzeichnis

Arenstein, Josef. 1856. „Über die Verwendung der menschlichen Auswürfe“. *Allgemeine land- und forstwirtschaftliche Zeitung*, Mai 31.

Austria Forum. 2014. Karte „Ausgleich (1867) - Geschichtsatlas | Austria-Forum > Politik und Geschichte“. Austria-Forum. Zugegriffen 21.2.2014.http://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Geschichtsatlas/

Bruckmüller, Ernst. 1977. *Landwirtschaftliche Organisationen und gesellschaftliche Modernisierung: Vereine, Genossenschaften und politische Mobilisierung der Landwirtschaft Österreichs vom Vormärz bis 1914*. Salzburg: Wolfgang Neugebauer.

Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. 2013. „Grüner Bericht 2013. Bericht über die Situation der österreichischen Land- und Forstwirtschaft“. 54. Wien: Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft.

Collings, Gilbeart Hooper. 1955. *Commercial fertilizers, their sources and use*. New York: McGraw-Hill.

Cserhati, Alexander. 1891. „Die Kunstdüngerfrage in Ungarn“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, Januar 17.

Curtin, J.K. Syers, A.E. Johnston, D. 2008. „Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use“. 18. FAO FERTILIZER AND PLANT NUTRITION BULLETIN. Rom: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Cushman, Gregory T. 2013. *Guano and the Opening of the Pacific World: A Global Ecological History*. Cambridge University Press.

Dasert, F. 1900. „Schlackenhandel und Wissenschaft“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, April 7.

Dinklage, Karl. 1973. „Die landwirtschaftliche Entwicklung“. In *Die Habsburgermonarchie 1848-1918*. Bd. 1. Wien: Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Dudan, J. 1901. „Erzeugung und Verbrauch von Phosphaten“. *Wiener*, Oktober 2.

Fehér, Györgi, und Ferenc Szabadváry. 1981. „Gründung und Aufgaben von landwirtschaftlichen und forstwirtschaftlichen Versuchsstationen in verschiedenen Staaten vor dem Ersten Weltkrieg“. Budapest.

Finck, Arnold. 1992. *Dünger und Düngung : Grundlagen und Anleitung zur Düngung der Kulturpflanzen*. Weinheim; New York: VCH.

Fischer-Kowalski, Marina, und Helga Weisz. 1999. „Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction.“ *Society as Hybrid Between Material and Symbolic Realms. Toward a Theoretical Framework of Society-Nature Interaction.* 215–51.

Galler, Josef. 2009. „Wirtschaftsdünger Anfall, Lagerung, Verwertung, Umwelt. Praxisratgeber von Josef Galler.“ Landwirtschaftskammer Salzburg.

Gerschenkron, Alexander. 1952. *Economic Backwardness in Historical Perspective, by Alexander Gerschenkron*. Cambridge MA: Belknap Press of Harvard University Press.

Gierlinger, Sylvia, Gertrud Haidvogl, Simone Gingrich, und Fridolin Krausmann. 2013. „Feeding and cleaning the city: the role of the urban waterscape in

provision and disposal in Vienna during the industrial transformation“. *Water History* (07/2013): 219–39.
Gierth, Heinrich. 1898. *Mist-Mangel und Kunst-Dünger. Rathschläge zur ausgedehnten Anwendung von Kunst-Dünger in der bäuerlichen Landwirtschaft. Den Bsuern der österreichischen Alpenländern gewidmet.* 2. Aufl. Salzburg: Kerber.
Glaser, Julius. 1918. *Die chemische Industrie Österreichs und ihre Entwicklung,*. Berlin: Gebrüder Borntraeger.
Gregory T. Cushman. 2005. „‚The Most Valuable Birds in the World': International Conservation Science and the Revival of Peru's Guano Industry, 1909-1965“. *Environmental History* Vol. 10 (No. 3): 477–509.
Gunst, Péter. 1974. „Die Entwicklungstendenzen der Hektarerträge in der ungarischen Landwirtschaft zwischen 1869 und 1969“. In *Jahrbuch für Wirtschaftsgeschichte*. Bd. 1974/III. Berlin: Akademie Verlag.
H.W von Pabst. 1885. *Lehrbuch der Landwirthschaft*. 7. Aufl. Berlin: Paul Parey.
Haberl, Helmut, und Marina Fischer-Kowalski. 2007. *Socioecological Transitions and Global Change. Trajectories of Social Metabolism and Land Use*. Cheltenham: Edward Elgar Publishing.
Hamm, Wilhelm, Ritter von. 1873. „Die Hilfsdüngermittel auf der Weltausstellung“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, November 15.
Haushofer, Heinz. 1963. *Die deutsche Landwirtschaft im technischen Zeitalter*. Stuttgart: E. Ulmer.
Hitschmann, Hugo. 1874. „Die Kunstdüngerfabrication in Österreich“. *Wiener*, September 5.
———. 1890. „Der Aufschwung des ungarischen Düngewesens“. *Wiener*, August 9.
———. 1900. „Marktbericht für Weizen“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, April 21.
Hoffmann, Alfred. 1978. „Grundlagen der Agrarstruktur der Donaumonarchie“. In *Österreich-Ungarn als Agrarstaat. Wirtschaftliches Wachstum und Agrarverhältnisse in Österreich im 19. Jahrhundert*. Bd. 10. Sozial- und wirtschaftshistorische Studien. Wien: Verlag für Geschcihte und Politik.
Honcamp, Franz. 1931. *Handbuch der Pflanzenernährung u.nd Düngerlehre*. Berlin: J. Springer.
Hotter, Eduard. 1898. *Düngungslehre: das wissenswerteste von der Bodendüngung mit besonderer Berücksichtigung der künstlichen Düngemittel*.
Hrsg Kaiserlich Kögliches Ackerbau-Ministerium. 1874. *Die Bodencultur auf der Wiener Weltausstellung 1873. Erster Band - Die Landwirthschaft und ihre Hilfsgewerbe auf der Wiener Weltausstellung 1873*. Bd. 1. 3 Bde. Wien: Verlag Faesy & Frick.
Institut International D'Agriculture. 1914. *Production et consommation des engrais chimiques dans le monde*. Imprimerie de l'Institut International d'Agriculture.
k.k. Handelsministerium. 1869. *Ausweise über den Handel der österr. ung. Monarchie*. Wien: kkHof- und Staats-Dr.
k.k. Handels-Ministerium. 1873. *Statistik der österreichischen Industrie in Metallen und Metallwaaren.* Wien: kaiserlich-königliche Hof- und Staatsdruckerei.
k.k. Handels-Ministerium, Austria. 1912. *Verhandlungen der vom K.K. Handelsministerium veranstalteten Kartellenquete*. k.k. Hof- und Staatsdruckerei.

k.k. Handelsministerium, Joseph. 1842. *Ausweise über den Handel von Oesterreich im Verkehr mit dem Auslande*. Wien: k.k. Hof- und Staatsdruckerei.

K+S Aktiengesellschaft. 2013. „Die weltweiten Kalivorkommen“. http://www.k-plus-s.com/de/wissen/rohstoffe/.

Kast, Michael, Freiherr von. 1899. *Geschichte der Österreichischen Land- und Forstwirtschaft und Ihrer Industrien 1848-1898: Festschrift zur Feier der am 2. December 1898 erfolgten fünfzigjährigen Wiederkehr der Thronbesteigung Sr. Majestät des Kaisers Franz Joseph I.* Bd. 2. M. Perles.

Kausel, Anton. 1979. „Österreichs Volkseinkommen 1830 bis 1914. Versuch einer Rückrechnung des realen Brutto-Inlandsproduktes für die österreichische Reichshälfte und das Gebiet der Republik Österreich“. In *Geschichte und Ergebnisse der zentralen amtlichen Statistik 1829- 1979*. Bd. Heft 550. Beiträge zur österreichischen Statistik. Wien: Österreichisches Statistisches Zentralamt.

Krafft, Guido. 1888. *Die Ackerbaulehre*. 5. Aufl. Berlin: Paul Parey.

Krausmann, Fridolin. 2004. „Milk, Manure, and Muscle Power. Livestock and the Transformation of Preindustrial Agriculture in Central Europe“. *Human Ecology* 32 (6): 735–72.

———. 2012. „Foodproduction Austria - Persönliche Berechnungen des Autors zu den Nährstoffeinträge durch Mist und Leguminosen in Österreich. Stand 2012“.

Krausmann, Fridolin, und Marina Fischer-Kowalski. 2010. „Gesellschaftliche Naturverhältnisse - Globale Transformation der Energie- und Materialflüsse“. In *Globalgeschichte 1800 - 2010*. Wien: Böhlau Verlag.

Krünitz. 1785. *Oeconomische Encyclopädie*. Bd. 9. Berlin: Pauli Verlag.

Luppe, Theodor. 1869. *Die Düngerstätte. Eine landwirthschaftliche Studie*. Prag: Dominicus.

Matis, Herbert, und Karl Bachinger. 1973. „Österreichs Industrielle Entwicklung“. In *Die Habsburgermonarchie 1848-1918*. Bd. 1. Wien: Verlag der österreichischen Akademie der Wissenschaften.

Prickler, Leonhard. 2003. „Ebene im Osten. Der Seewinkel im Bezirk Neusiedl am See“. In *Geschichte der österreichischen Land- und Forstwirtschaft im 20. Jahrhundert. Regionen, Betriebe, Menschen*. Wien: Ueberreuter.

Puskás, Julianna. 1965. „Gestaltung der landwirtschaftlichen Produktion in Ungarn und der Markt der Monarchie (1870-1914)“. *Die Agrarfrage in der Österreichisch-Ungarischen Monarchie 1900 - 1918 : Mitteilungen auf der Konferenz der Geschichtswissenschaftler, Budapest, 4. - 9. Mai 1964. - Bukarest : Verl. der Akad. der Sozialistischen Republik Rumänien. - 1965, p. 173-231*.

Reith, Reinhold. 1994. „Vom Umgang mit Rohstoffen in historischer Perspektive: Rohstoffe und ihre Kosten als ökonomische und ökologische Determinanten der Technikentwicklung.“ In *Umorientierungen: Wissenschaft, Technik und Gesellschaft im Wandel*. Fankfurt/M.: Lang.

Reitmair, Otto. 1897. „Gebräuche im Düngerhandel“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, März 27.

Rürup, Reinhard. 1992. *Deutschland im 19. Jahrhundert, 1815-1871*. Göttingen: Vandenhoeck & Ruprecht.

Sandgruber, Roman. 1978. *Österreichische Agrarstatistik, 1750-1918*. Wirtschafts- und Sozialstatistik Österreich-Ungarns T. 2. Wien: Verl. f. Geschichte u. Politik.

Scheffer, Fritz, Paul Schachtschabel, und Hans-Peter Blume. 2010. *Lehrbuch der Bodenkunde*. Heidelberg; Berlin: Spektrum, Akad. Verl.

Schmitz, Heinrich. 1927. *Die Versorgung Deutschlands durch die einheimische Landwirtschaft vor, in und nach dem Kriege*. Gebrüder Hoffmann.

Sicotte, Richard, Catalina Vizcarra, und Kirsten Wandschneider. 2009. „The Chilean Nitrate Industry: External Shocks and Policy Responses 1880-1935“. Vermont.

Sieferle, Rolf Peter. 2003. „Nachhaltigkeit in universalhistorischer Perspektive“. In *Umweltgeschichte: Themen und Perspektiven*. München: C.H. Beck.

———. 2006. *Das Ende der Fläche: zum gesellschaftlichen Stoffwechsel der Industrialisierung*. Böhlau.

Smil, Vaclav. 2004. *Enriching the Earth: Fritz Haber, Carl Bosch, and the Transformation of World Food Production*. Cambridge MA: MIT Press.

Statistik Austria. „Anbau auf dem Ackerland; Auswertung der Mehrfachanträge-Flächen der Agrarmarkt Austria“. 4.4.2013.

Stöckhardt, Jul Adolph. 1851. *Guanobüchlein: Eine Belehrung für den deutschen Landwirth über die Bestandtheile, Wirkung, Prüfung u. Anwendung dieses Düngemittels*. Ge. Wigand. Info http://permalink.obvsg.at/bok/AC07594104.

Stoklasa, Julius. 1907. „Böhmens Landwirtschaft im letzten Jahrhundert“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, Januar 9.

Stummer-Traunfels, Carl, Ritter von. 1870. *Die Wichtigkeit der Dungstoffe mit besonderer Berücksichtigung der Vortheile des künstlichen Guano für die Landwirtschaft.* Wien: Selbstverlag.

Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten. 1955. *100 Jahre Superphosphat ; 75 Jahre Verein Deutscher Dünger-Fabrikanten*. Hamburg: Selbstverlag.

Vogel, August. 1874. *Justus Freiherr von Liebig als Begründer der Agrikultur-Chemie*. München: K. B. Akademie.

Vogel, Carl. 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: Schotte u. Comp.

Wiener, Mosco. 1897. „Rückblicke auf die ungarische Landwirtschaft“. *Wiener Landwirtschaftliche Zeitung*, März 27.

Winiwarter, Verena, und Winfried E. H. Blum. 2008. „From marl to rock powder: On the history of soil fertility management by rock materials“. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 171 (3): 316–24.

Winkler, C.G: 1853. „Die Guano Regionen von Peru“. *Allgemeine land- und forstwirtschaftliche Zeitung*, Januar 22.

Wohlschlägl, Helmut. 1978. „Das Wachstum der landwirtschaftlichen Produktion in Österreich im 19. Jahrhundert: der Viehstand“. In *Österreich-Ungarn als Agrarstaat. Wirtschaftliches Wachstum und Agrarverhältnisse in Österreich im 19. Jahrhundert*. Bd. 10. Wien: Verlag für Geschichte und Politik.

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 1
Umweltbelastungen in Österreich als Folge menschlichen Handelns. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Hg. (1987)

Band 2
Environmental Policy as an Interplay of Professionals and Movements - the Case of Austria. Paper to the ISA Conference on Environmental Constraints and Opportunities in the Social Organisation of Space, Udine 1989. Fischer-Kowalski, M. (1989)

Band 3
Umwelt &Öffentlichkeit. Dokumentation der gleichnamigen Tagung, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut in Wien, (1990)

Band 4
Umweltpolitik auf Gemeindeebene. Politikbezogene Weiterbildung für Umweltgemeinderäte. Lackner, C. (1990)

Band 5
Verursacher von Umweltbelastungen. Grundsätzliche Überlegungen zu einem mit der VGR verknüpfbaren Emittenteninformationssystem. Fischer-Kowalski, M., Kisser, M., Payer, H., Steurer A. (1990)

Band 6
Umweltbildung in Österreich, Teil I: Volkshochschulen. Fischer-Kowalski, M., Fröhlich, U.; Harauer, R., Vymazal R. (1990)

Band 7
Amtliche Umweltberichterstattung in Österreich. Fischer-Kowalski, M., Lackner, C., Steurer, A. (1990)

Band 8
Verursacherbezogene Umweltinformationen. Bausteine für ein Satellitensystem zur österr. VGR. Dokumentation des gleichnamigen Workshop, veranstaltet vom IFF und dem Österreichischen Ökologie-Institut, Wien (1991)

Band 9
A Model for the Linkage between Economy and Environment. Paper to the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Dell'Mour, R., Fleissner, P. , Hofkirchner, W.,; Steurer A. (1991)

Band 10
Verursacherbezogene Umweltindikatoren - Kurzfassung. Forschungsbericht gem. mit dem Österreichischen Ökologie-Institut. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H.; Steurer, A., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 11
Gezielte Eingriffe in Lebensprozesse. Vorschlag für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Haberl, H. (1991)

Band 12
Gentechnik als gezielter Eingriff in Lebensprozesse. Vorüberlegungen für verursacherbezogene Umweltindikatoren. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Wenzl, P.; Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 13
Transportintensität und Emissionen. Beschreibung österr. Wirtschaftssektoren mittels Input-Output-Modellierung. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Dell'Mour, R.; Fleissner, P.; Hofkirchner, W.; Steurer, A. (1991)

Band 14
Indikatoren für die Materialintensität der österreichischen Wirtschaft. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Ökologie-Institut. Payer, H. unter Mitarbeit von K. Turetschek (1991)

Band 15
Die Emissionen der österreichischen Wirtschaft. Systematik und Ermittelbarkeit. Forschungsbericht gem. m. dem Österr. Ökologie-Institut. Payer, H.; Zangerl-Weisz, H. unter Mitarbeit von R.Fellinger (1991)

Band 16
Umwelt als Thema der allgemeinen und politischen Erwachsenenbildung in Österreich. Fischer-Kowalski M., Fröhlich, U.; Harauer, R.; Vymazal, R. (1991)

Band 17
Causer related environmental indicators - A contribution to the environmental satellite-system of the Austrian SNA. Paper for the Special IARIW Conference on Environmental Accounting, Baden 1991. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H., Steurer, A. (1991)

Band 18
Emissions and Purposive Interventions into Life Processes - Indicators for the Austrian Environmental Accounting System. Paper to the ÖGBPT Workshop on Ecologic Bioprocessing, Graz 1991. Fischer-Kowalski M., Haberl, H., Wenzl, P., Zangerl-Weisz, H. (1991)

Band 19
Defensivkosten zugunsten des Waldes in Österreich. Forschungsbericht gem. m. dem Österreichischen Institut für Wirtschaftsforschung. Fischer-Kowalski et al. (1991)

Band 20*
Basisdaten für ein Input/Output-Modell zur Kopplung ökonomischer Daten mit Emissionsdaten für den Bereich des Straßenverkehrs. Steurer, A. (1991)

Band 22
A Paradise for Paradigms - Outlining an Information System on Physical Exchanges between the Economy and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H., Payer, H. (1992)

Band 23
Purposive Interventions into Life-Processes - An Attempt to Describe the Structural Dimensions of the Man-Animal-Relationship. Paper to the Internat. Conference on "Science and the Human-Animal-Relationship", Amsterdam 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 24
Purposive Interventions into Life Processes: A Neglected "Environmental" Dimension of the Society-Nature Relationship. Paper to the 1. Europ. Conference of Sociology, Vienna 1992. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1992)

Band 25
Informationsgrundlagen struktureller Ökologisierung. Beitrag zur Tagung "Strategien der Kreislaufwirtschaft: Ganzheitl. Umweltschutz/Integrated Environmental Protection", Graz 1992. Steurer, A., Fischer-Kowalski, M. (1992)

Band 26
Stoffstrombilanz Österreich 1988. Steurer, A. (1992)

Band 28
Naturschutzaufwendungen in Österreich. Gutachten für den WWF Österreich. Payer, H. (1992)

Band 29
Indikatoren der Nachhaltigkeit für die Volkswirtschaftliche Gesamtrechnung - angewandt auf die Region. Payer, H. (1992). In: KudlMudl SonderNr. 1992:Tagungsbericht über das Dorfsymposium "Zukunft der Region - Region der Zukunft?"

Band 31
***Leerzeichen.* Neuere Texte zur Anthropologie**. Macho, T. (1993)

Band 32
Metabolism and Colonisation. Modes of Production and the Physical Exchange between Societies and Nature. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1993)

Band 33
Theoretische Überlegungen zur ökologischen Bedeutung der menschlichen Aneignung von Nettoprimärproduktion. Haberl, H. (1993)

Band 34
Stoffstrombilanz Österreich 1970-1990 - Inputseite. Steurer, A. (1994)

Band 35
Der Gesamtenergieinput des Sozio-ökonomischen Systems in Österreich 1960-1991. Zur Erweiterung des Begriffes "Energieverbrauch". Haberl, H. (1994)

Band 36
Ökologie und Sozialpolitik. Fischer-Kowalski, M. (1994)

Band 37
Stoffströme der Chemieproduktion 1970-1990. Payer, H., unter Mitarbeit von Zangerl-Weisz, H. und Fellinger, R. (1994)

Band 38
Wasser und Wirtschaftswachstum. Untersuchung von Abhängigkeiten und Entkoppelungen, Wasserbilanz Österreich 1991. Hüttler, W., Payer, H. unter Mitarbeit von H. Schandl (1994)

Band 39
Politische Jahreszeiten. 12 Beiträge zur politischen Wende 1989 in Ostmitteleuropa. Macho, T. (1994)

Band 40
On the Cultural Evolution of Social Metabolism with Nature. Sustainability Problems Quantified. Fischer-Kowalski, M., Haberl, H. (1994)

Band 41
Weiterbildungslehrgänge für das Berufsfeld ökologischer Beratung. Erhebung u. Einschätzung der Angebote in Österreich sowie von ausgewählten Beispielen in Deutschland, der Schweiz, Frankreich, England und europaweiten Lehrgängen. Rauch, F. (1994)

Band 42
Soziale Anforderungen an eine nachhaltige Entwicklung. Fischer-Kowalski, M., Madlener, R., Payer, H., Pfeffer, T., Schandl, H. (1995)

Band 43
Menschliche Eingriffe in den natürlichen Energiefluß von Ökosystemen. Sozio-ökonomische Aneignung von Nettoprimärproduktion in den Bezirken Österreichs. Haberl, H. (1995)

Band 44
Materialfluß Österreich 1990. Hüttler, W., Payer, H.; Schandl, H. (1996)

Band 45
National Material Flow Analysis for Austria 1992. Society's Metabolism and Sustainable Development. Hüttler, W. Payer, H., Schandl, H. (1997)

Band 46
Society's Metabolism. On the Development of Concepts and Methodology of Material Flow Analysis. A Review of the Literature. Fischer-Kowalski, M. (1997)

Band 47
Materialbilanz Chemie-Methodik sektoraler Materialbilanzen. Schandl, H., Weisz, H. Wien (1997)

Band 48
Physical Flows and Moral Positions. An Essay in Memory of Wildavsky. A. Thompson, M. (1997)

Band 49
Stoffwechsel in einem indischen Dorf. Fallstudie Merkar. Mehta, L., Winiwarter, V. (1997)

Band 50+
Materialfluß Österreich- die materielle Basis der Österreichischen Gesellschaft im Zeitraum 1960-1995. Schandl, H. (1998)

Band 51+
Bodenfruchtbarkeit und Schädlinge im Kontext von Agrargesellschaften. Dirlinger, H., Fliegenschnee, M., Krausmann, F., Liska, G., Schmid, M. A. (1997)

Band 52+
Der Naturbegriff und das Gesellschaft-Natur-Verhältnis in der frühen Soziologie. Lutz, J. Wien (1998)

Band 53+
NEMO: Entwicklungsprogramm für ein Nationales Emissionsmonitoring. Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Jorde, T. (1998)

Band 54+
Was ist Umweltgeschichte? Winiwarter, V. (1998)

Mit + gekennzeichnete Bände sind unter
http://www.uni-klu.ac.at/socec/inhalt/1818.htm
Im PDF-Format und in Farbe downloadbar.

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 55+
Agrarische Produktion als Interaktion von Natur und Gesellschaft: Fallstudie SangSaeng. Grünbühel, C. M., Schandl, H., Winiwarter, V. (1999)

Band 57+
Colonizing Landscapes: Human Appropriation of Net Primary Production and its Influence on Standing Crop and Biomass Turnover in Austria. Haberl, H., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Schulz, N. B., Weisz, H. (1999)

Band 58+
Die Beeinflussung des oberirdischen Standing Crop und Turnover in Österreich durch die menschliche Gesellschaft. Erb, K. H. (1999)

Band 59+
Das Leitbild "Nachhaltige Stadt". Astleithner, F. (1999)

Band 60+
Materialflüsse im Krankenhaus, Entwicklung einer Input-Output Methodik. Weisz, B. U. (2001)

Band 61+
Metabolismus der Privathaushalte am Beispiel Österreichs. Hutter, D. (2001)

Band 62+
Der ökologische Fußabdruck des österreichischen Außenhandels. Erb, K.H., Krausmann, F., Schulz, N. B. (2002)

Band 63+
Material Flow Accounting in Amazonia: A Tool for Sustainable Development. Amann, C., Bruckner, W., Fischer-Kowalski, M., Grünbühel, C. M. (2002)

Band 64+
Energieflüsse im österreichischen Landwirtschaftssektor 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Darge, E. (2002)

Band 65+
Biomasseeinsatz und Landnutzung Österreich 1995-2020. Haberl, H.; Krausmann, F.; Erb, K.H.;Schulz, N. B.; Adensam, H. (2002)

Band 66+
Der Einfluss des Menschen auf die Artenvielfalt. Gesellschaftliche Aneignung von Nettoprimärproduktion als Pressure-Indikator für den Verlust von Biodiversität. Haberl, H., Fischer-Kowalski, M., Schulz, N. B., Plutzar, C., Erb, K.H., Krausmann, F., Loibl, W., Weisz, H.; Sauberer, N., Pollheimer, M. (2002)

Band 67+
Materialflussrechnung London. Bongardt, B. (2002)

Band 68+
Gesellschaftliche Stickstoffflüsse des österreichischen Landwirtschaftssektors 1950-1995, Eine humanökologische Untersuchung. Gaube, V. (2002)

Band 69+
The transformation of society's natural relations: from the agrarian to the industrial system. Research strategy for an empirically informed approach towards a European Environmental History. Fischer-Kowalski, M., Krausmann, F., Schandl, H. (2003)

Band 70+
Long Term Industrial Transformation: A Comparative Study on the Development of Social Metabolism and Land Use in Austria and the United Kingdom 1830-2000. Krausmann, F., Schandl, H., Schulz, N. B. (2003)

Band 72+
Land Use and Socio-economic Metabolism in Pre-industrial Agricultural Systems: Four Nineteenth-century Austrain Villages in Comparison. Krausmann, F. (2008)

Band 73+
Handbook of Physical Accounting Measuring bio-physical dimensions of socio-economic activities MFA – EFA – HANPP. Schandl, H., Grünbühel, C. M., Haberl, H., Weisz, H. (2004)

Band 74+
Materialflüsse in den USA, Saudi Arabien und der Schweiz. Eisenmenger, N.; Kratochvil, R.; Krausmann, F.; Baart, I.; Colard, A.; Ehgartner, Ch.; Eichinger, M.; Hempel, G.; Lehrner, A.; Müllauer, R.; Nourbakhch-Sabet, R.; Paler, M.; Patsch, B.; Rieder, F.; Schembera, E.; Schieder, W.; Schmiedl, C.; Schwarzlmüller, E.; Stadler, W.; Wirl, C.; Zandl, S.; Zika, M. (2005)

Band 75+
Towards a model predicting freight transport from material flows. Fischer-Kowalski, M. (2004)

Band 76+
The physical economy of the European Union: Cross-country comparison and determinants of material consumption. Weisz, H., Krausmann, F., Amann, Ch., Eisenmenger, N., Erb, K.H., Hubacek, K., Fischer-Kowalski, M. (2005)

Band 77+
Arbeitszeit und Nachhaltige Entwicklung in Europa: Ausgleich von Produktivitätsgewinn in Zeit statt Geld? Proinger, J. (2005)

Band 78+
Sozial-Ökologische Charakteristika von Agrarsystemen. Ein globaler Überblick und Vergleich. Lauk, C. (2005)

Band 79+
Verbrauchsorientierte Abrechnung von Wasser als Water-Demand-Management-Strategie. Eine Analyse anhand eines Vergleichs zwischen Wien und Barcelona. Machold, P. (2005)

Band 80+
Ecology, Rituals and System-Dynamics. An attempt to model the Socio-Ecological System of Trinket Island. Wildenberg, M. (2005)

Band 81+
Southeast Asia in Transition. Socio-economic transitions, environmental impact and sustainable development. Fischer-Kowalski, M., Schandl, H., Grünbühel, C., Haas, W., Erb, K-H., Weisz, H., Haberl, H. (2004)

Band 83+
HANPP-relevante Charakteristika von Wanderfeldbau und anderen Langbrachesystemen. Lauk, C. (2006)

Band 84+
Management unternehmerischer Nachhaltigkeit mit Hilfe der Sustainability Balanced Scorecard. Zeitlhofer, M. (2006)

Band 85+
Nicht-nachhaltige Trends in Österreich: Maßnahmenvorschläge zum Ressourceneinsatz. Haberl, H., Jasch, C., Adensam, H., Gaube, V. (2006)

Band 87+
Accounting for raw material equivalents of traded goods. A comparison of input-output approaches in physical, monetary, and mixed units. Weisz, H. (2006)

Band 88+
Vom Materialfluss zum Gütertransport. Eine Analyse anhand der EU15 – Länder (1970-2000).
Rainer, G. (2006)

Band 89+
Nutzen der MFA für das Treibhausgas-Monitoring im Rahmen eines Full Carbon Accounting-Ansatzes; Feasibilitystudie; Endbericht zum Projekt BMLFUW-UW.1.4.18/0046-V/10/2005. Erb, K.-H., Kastner, T., Zandl, S., Weisz, H., Haberl, H., Jonas, M., (2006)

Band 90+
Local Material Flow Analysis in Social Context in Tat Hamelt, Northern Mountain Region, Vietnam. Hobbes, M.; Kleijn, R. (2006)

Band 91+
Auswirkungen des thailändischen logging ban auf die Wälder von Laos. Hirsch, H. (2006)

Band 92+
Human appropriation of net primary produktion (HANPP) in the Philippines 1910-2003: a socio-ecological analysis. Kastner, T. (2007)

Band 93+
Landnutzung und landwirtschaftliche Entscheidungsstrukturen. Partizipative Entwicklung von Szenarien für das Traisental mit Hilfe eines agentenbasierten Modells. Adensam, H., V. Gaube, H. Haberl, J. Lutz, H. Reisinger, J. Breinesberger, A. Colard, B. Aigner, R. Maier, Punz, W. (2007)

Band 94+
The Work of Konstantin G. Gofman and colleagues: An early example of Material Flow Analysis from the Soviet Union. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2007)

Band 95+
Partizipative Modellbildung, Akteurs- und Ökosystemanalyse in Agrarintensivregionen; Schlußbericht des deutsch-österreichischen Verbundprojektes. Newig, J., Gaube, V., Berkhoff, K., Kaldrack, K., Kastens, B., Lutz, J., Schlußmeier B., Adensam, H., Haberl, H., Pahl-Wostl, C., Colard, A., Aigner, B., Maier, R., Punz, W.; Wien (2007)

Band 96+
Rekonstruktion der Arbeitszeit in der Landwirtschaft im 19. Jahrhundert am Beispiel von Theyern in Niederösterreich. Schaschl, E.; Wien (2007)

Band 98+
Local Material Flow Analysis in Social Context at the forest fringe in the Sierra Madre, the Philippines. Hobbes, M., Kleijn, R. (Hrsg); Wien (2007)

Band 99+
Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in Spain, 1955-2003: A socio-ecological analysis. Schwarzlmüller, E.; Wien (2008)

Band 100+
Scaling issues in long-term socio-ecological biodiversity research: A review of European cases. Dirnböck, T., Bezák, P., Dullinger S., Haberl, H., Lotze-Campen, H., Mirtl, M., Peterseil, J., Redpath, S., Singh, S., Travis, J., Wijdeven, S.M.J.; Wien (2008)

Band 101+
Human Appropriation of Net Primary Production (HANPP) in the United Kingdom, 1800-2000: A socio-ecological analysis. Musel, A.; Wien (2008)

Band 102 +
Wie kann Wissenschaft gesellschaftliche Veränderung bewirken? Eine Hommage an Alvin Gouldner, und ein Versuch, mit seinen Mitteln heutige Klima-politik zu verstehen. Fischer-Kowalski, M.; Wien (2008)

Band 103+
Sozialökologische Dimensionen der österreichischen Ernährung – Eine Szenarienanalyse. Lackner, M.; Wien (2008)

Band 104+
Fundamentals of Complex Evolving Systems: A Primer. Weis, E.; Wien (2008)

Band 105+
Umweltpolitische Prozesse aus diskurstheoretischer Perspektive: Eine Analyse des Südtiroler Feinstaubproblems von der Problemkonstruktion bis zur Umsetzung von Regulierungsmaßnahmen. Paler, M.; Wien (2008)

Band 106+
Ein integriertes Modell für Reichraming. Partizipative Entwicklung von Szenarien für die Gemeinde Reichraming (Eisenwurzen) mit Hilfe eines agentenbasierten Landnutzungsmodells. Gaube, V., Kaiser, C., Widenberg, M., Adensam, H., Fleissner, P., Kobler, J., Lutz, J., Smetschka, B., Wolf, A., Richter, A., Haberl, H.; Wien (2008)

Band 107+
Der soziale Metabolismus lokaler Produktionssysteme: Reichraming in der oberösterreichischen Eisenwurzen 1830-2000. Gingrich, S., Krausmann, F.; Wien (2008)

Band 108+
Akteursanalyse zum besseren Verständnis der Entwicklungsoptionen von Bioenergie in Reichraming. Eine sozialökologische Studie. Vrzak, E.; Wien (2008)

Band 109+
Direktvermarktung in Reichraming aus sozialökologischer Perspektive. Zeitlhofer, M.; Wien (2008)

Band 110+
CO_2-Bilanz der Tomatenproduktion: Analyse acht verschiedener Produktionssysteme in Österreich, Spanien und Italien. Theurl, M.; Wien (2008)

Band 111+
Die Rolle von Arbeitszeit und Einkommen bei Rebound-Effekten in Dematerialisierungs- und Dekarbonisierungsstrategien. Eine Literaturstudie. Bruckner, M.; Wien (2008)

Band 112+
Von Kommunikation zu materiellen Effekten - Ansatzpunkte für eine sozial-ökologische Lesart von Luhmanns Theorie Sozialer Systeme. Rieder, F.; Wien (2008)

Band 114+
Across a Moving Threshold: energy, carbon and the efficiency of meeting global human development needs. Steinberger, J. K., Roberts, .J.T.; Wien (2008)

Band 115
Towards a low carbon society: Setting targets for a reduction of global resource use. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Ayres, R.U.; Wien (2010)

WORKING PAPERS SOCIAL ECOLOGY

Band 116+
Eating the Planet: Feeding and fuelling the world sustainably, fairly and humanely - a scoping study. Erb, K-H., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C., Steinberger, J.K., Müller, C., Bondeau, A., Waha, K., Pollack, G.; Wien (2009)

Band 117+
Gesellschaftliche Naturverhältnisse: Energiequellen und die globale Transformation des gesellschaftlichen Stoffwechsels. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 118+
Zurück zur Fläche? Eine Untersuchung der biophysischen Ökonomie Brasiliens zwischen 1970 und 2005. Mayer, A.; Wien (2010)

Band 119+
Das nachhaltige Krankenhaus: Erprobungsphase. Weisz, U., Haas, W., Pelikan, J.M., Schmied, H., Himpelmann, M., Purzner, K., Hartl, S., David, H.; Wien (2009)

Band 120+
LOCAL STUDIES MANUAL
A researcher's guide for investigating the social metabolism of local rural systems. Singh, S.J., Ringhofer, L., Haas, W., Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2010)

Band 121+
Sociometabolic regimes in indigenous communities and the crucial role of working time: A comparison of case studies. Fischer-Kowalski, M., Singh, S.J., Ringhofer, L., Grünbühel C.M., Lauk, C., Remesch., A.; Wien (2010)

Band 122+
Klimapolitik im Bereich Gebäude und Raumwärme. Entwicklung, Problemfelder und Instrumente der Länder Österreich, Deutschland und Schweiz. Jöbstl, R.; Wien (2012)

Band 123+
Trends and Developments of the Use of Natural Resources in the European Union. Krausmann, F., Fischer-Kowalski, M., Steinberger, J.K., Schaffartzik, A., Eisenmenger, N, Weisz, U.; Wien (2011)

Band 125+
Raw Material Equivalents (RME) of Austria's Trade. Schaffartzik, A., Eisenmenger, N., Krausmann, F., Weisz, H.; Wien (2013)

Band 126+
Masterstudium "Sozial- und Humanökologie": Selbstevaluation 2005-2010. Schmid, M., Mayer A., Miechtner, G.; Wien (2010)

Band 127 +
Bericht des Zentrums für Evaluation und Forschungsberatung (ZEF). Das Masterstudium „Sozial- und Humanökologie". Mayring, P., Fenzl, T.; Wien (2010)

Band 128+
Die langfristigen Trends der Material- und Energieflüsse in den USA in den Jahren 1850 bis 2005. Gierlinger, S.; Wien (2010)

Band 129+
Die Verzehrungssteuer 1829 – 1913 als Grundlage einer umwelthistorischen Untersuchung des Metabolismus der Stadt Wien. Hauer, F.; Wien (2010)

Band 130+
Human Appropriation of Net Primary Production in South Africa, 1961- 2006. A socio-ecological analysis. Niedertscheider, M.; Wien (2011)

Band 131+
The socio-metabolic transition.
Long term historical trends and patterns in global material and energy use. Krausmann, F. (Editor); Wien (2011)

Band 132+
„Urlaub am Bauernhof" oder „Bauernhof ohne Urlaub"? Eine sozial-ökologische Untersuchung der geschlechtsspezifischen Arbeitsteilung und Zeitverwendung auf landwirtschaftlichen Betrieben in der Gemeinde Andelsbuch, Bregenzerwald.
Winder, M.; Wien (2011)

Band 133+
Spatial and Socio-economic Drivers of Direct and Indirect Household Energy Consumption in Australia. Wiedenhofer, D.; Wien (2011)

Band 134+
Die Wiener Verzehrungssteuer. Auswertung nach einzelnen Steuerposten (1830 – 1913). Hauer, F., Gierlinger, S., Nagele, C., Albrecht, J., Uschmann, T., Martsch, M.; Wien (2012)

Band 135+
Zeit für Veränderung? Über die geschlechtsspezifische Arbeitsteilung und Zeitverwendung in landwirtschaftlichen Betrieben und deren Auswirkungen auf Landnutzungsveränderungen in der Region „Westlicher Wienerwald". Eine sozial-ökologische Untersuchung.
Madner, V.; Wien (2013)

Band 136+
The Impact of Industrial Grain Fed Livestock Production on Food Security: an extended literature review. Erb, K-H., Mayer, A., Kastner, T., Sallet, K-E., Haberl, H.; Wien (2012)

Band 137+
Human appropriation of net primary production in Africa: Patterns, trajectories, processes and policy implications. Fetzel, T., Niedertscheider, M., Erb, K-H., Gaube, V., Gingrich, S., Haberl, H., Krausmann, F., Lauk, C., Plutzar, C.; Wien (2012)

Band 138+
VERSCHMUTZT – VERBAUT – VERGESSEN: Eine Umweltgeschichte des Wienflusses von 1780 bis 1910. Pollack, G.; Wien (2013)

Band 139+
Der Fleischverbrauch in Österreich von 1950-2010.Trends und Drivers als Zusammenspiel von Angebot und Nachfrage. Willerstorfer, T.; Wien (2013)

Band 141+
Wie das ERP (European Recovery Program) die Entwicklung des alpinen, ländlichen Raumes in Vorarlberg prägte. Groß, R.; Wien (2013)

Band 142+
Exploring local opportunities and barriers for a sustainability transition on a Greek island. Petridis, P., Hickisch, R., Klimek, M., Fischer, R., Fuchs, N., Kostakiotis, G., Wendland, M., Zipperer, M., Fischer-Kowalski, M.; Wien (2013)

Band 143+
Climate Change Mitigation in Latin America: A Mapping of Current Policies, Plans and Programs. Ringhofer, L., Singh, S.J., Smetschka, B.; Wien (2013)

Band 144+
Arbeitszeit und Energieverbrauch: Grundsatzfragen diskutiert an der historischen Entwicklung in Österreich. Weisz, U., Possanner, N..; Wien (2013)

Band 145+
Barrieren und Chancen für die Realisierung nachhaltiger Mobilität. Eine Analyse der Zeitabhängigkeit von Mobilitätsmustern am Beispiel von Krems/Donau. Gross, A.; Wien (2013)

Band 147+
The rise of the semi-periphery:
A physical perspective on the global division of labour.
Material flow analysis of global trade flows (1970-2005).
Loy, C.; Wien (2013)

Band 148+
Historische Energietransitionen im Ländervergleich. Energienutzung, Bevölkerung, Wirtschaftliche Entwicklung. Pallua, I.; Wien (2013)

Band 149+
Socio-Ecological Impacts of Land Grabbing for Nature Conservation on a Pastoral Community: A HANPP-based Case Study in Ololosokwan Village, Northern Tanzania.
Bartels, L. E.; Wien (2014)

Band 150+
Teilweise waren Frauen auch Traktorist.
Geschlechtliche Arbeitsteilung in landwirtschaftlichen Betrieben Ostdeutschlands heute – Unterschiede in der biologischen und konventionellen Bewirtschaftung.
Fehlinger, J.; Wien (2014)

Band 151+
Economy-wide Material Flow Accounting
Introduction and guide. Krausmann, F., Weisz, H., Schütz, H., Haas, W., Schaffartzik, A.; Wien (2014)

Band 152+
Large scale societal transitions in the past.
The Role of Social Revolutions and the 1970s Syndrome.
Fischer-Kowalski, M., Hausknost, D. (Editors); Wien (2014)

Band 153+
Die Anfänge der mineralischen Düngung in Österreich-Ungarn (1848-1914)
Mayrhofer, I.; Wien (2014)

Band 154+
Environmentally Extended Input-Output Analysis
Schaffartzik, A., Sachs, M., Wiedenhofer, D., Eisenmenger, N.; Wien (2014)

Band 155+
Rural Metabolism: Material flows in an Austrian village in 1830 and 2001
Haas, W., Krausmann, F.; Wien (2015)

Band 156+
A proposal for a workable analysis of Energy Return On Investment (EROI) in agroecosystems.
Part I: Analytical approach
Tello, E., Galán, E., Cunfer, G., Guzmán-Casado, G.I.,Gonzales de Molina, M., Krausmann, F., Gingrich, S., Sacristán, V., Marco, I., Padró, R., Moreno-Delgado, D.; Wien (2015)

Band 157+
Auswirkungen des demographischen Wandels auf die Landwirtschaft und Landnutzung in der LEADER Region Mostviertel-Mitte
Riegler, M.; Wien (2014)