



UNIVERSITÄT  
HOHENHEIM

University of Hohenheim  
Faculty of Agricultural Sciences  
Institute of Farm Management  
Production Theory and Resource Economics  
Prof. Dr. Stephan Dabbert, Prof. Dr. Christian Lippert

**Theoretical analysis and preference modelling for the valuation of ecosystem services from native pollinators in selected Thai rural communities**

Cumulative dissertation

Submitted in fulfillment of the requirements for the degree “Doktor der Agrarwissenschaften”

(Dr. sc. agr. in Agricultural Sciences) to the Faculty of Agricultural Sciences

Presented by

Manuel Ernesto Narjes

Born in Berlin, Germany

*This work was financially supported by the  
Foundation fiat panis.*

Stuttgart-Hohenheim, 2018

**SCIENTIFIC PAPERS**

This doctoral thesis is a *cumulative dissertation* and its body of research consists of the following three scientific articles<sup>1</sup>:

- PAPER 1 (Chapter 2) Narjes, M. E., & Lippert, C. (2019). The optimal supply of crop pollination and honey from wild and managed bees: an analytical framework for diverse socio-economic and ecological settings. *Ecological Economics* 157: 278-290.  
DOI: [10.1016/j.ecolecon.2018.11.018](https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2018.11.018)
- PAPER 2 (Chapter 3) Narjes, M. E., & Lippert, C. (2016). Longan fruit farmers' demand for policies aimed at conserving native pollinating bees in Northern Thailand. *Ecosystem Services* 18: 58-67.  
DOI: [10.1016/j.ecoser.2015.10.010](https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.10.010)
- PAPER 3 (Chapter 4) Narjes, M. E., & Lippert, C. Regional differences in farmers' preferences for a native bee conservation policy: the case of farming communities in Northern and Eastern Thailand. *Manuscript submitted for publication*.

---

<sup>1</sup> Cross-references have been added to the scientific manuscripts constituting this thesis and the articles' original numbering format has been modified to fit the span of this cumulative dissertation. Chapters 3 and 4 are otherwise verbatim copies of the respectively published and submitted manuscripts. On the other hand, a revised version of Chapter 2 was published in compliance with the journal's peer review process.

## SUMMARY

During the last few decades, worldwide reports of declines in the population of wild and managed bees (especially in Europe and North America) have raised the alarm about the harmful effect of intensive agriculture on pollinators (especially in connection with the misuse of synthetic pesticides) and about the consequent reduction in pollinator-dependent crop outputs. Although most reports concern the European honeybee (*Apis mellifera*) and bumblebees, these species often act as proxies for the overall health of the ecosystems they share with other pollinators. These concerns have prompted the international community to coordinate global pollinator conservation efforts and to call for research into the economic value of bees and into the economic impact of declines in the population of pollinators. As Thailand's agriculture is also rapidly converting to the production of cash crops under intensive farming systems, this development, in combination with the loss, fragmentation and degradation of natural habitats, threatens its rich bee fauna, which includes eight indigenous *Apis* species and a great diversity of stingless bees, especially from the genus *Trigona*. In fact, according to accounts from farmers growing pollinator-dependent crops in Eastern Thailand (a region characterized by intensive fruit farming), pollinator declines have already negatively affected their yields, which they first mitigated by renting honeybee hives and later by managing stingless bees themselves. In contrast, we discovered that in Northern Thailand (a region with a comparatively less degraded forest cover), beekeepers tend to pay longan farmers a fee for the exclusive right to bee forage on their farms; longan (*Dimocarpus longan*) is a fruit tree that produces valuable honey.

The *first article* of this cumulative thesis addresses the diversity of beekeeper-farmer interactions that, until now, could not be accommodated within the existing microeconomic models concerned with this issue. The most prominent of such theoretical models is dedicated to describing the determinants of colony stocking densities and of equilibrium wages that, for decades, have been paid by farmers to commercial beekeepers in the Californian almond monocultures, which are highly reliant on bee-mediated pollination. We generalized this basic model by taking into account the marginal productivity of a given agro-ecosystem's wild bees and the opportunity costs that farmers incur when assigning labor time to beekeeping. In that regard, we assessed the economic potential of on-farm beekeeping (which can involve several bee species) by juxtaposing this activity's net benefits from crop pollination and hive products against those from hiring commercial pollination services. In addition to serving as a classification tool for a plurality of farmer-beekeeper-nature interactions and related optimization problems, the resulting analytical framework helps identifying the institutional settings that are most likely to lead to a specific bioeconomic equilibrium supply of pollination. What is more, it illustrates the interplay of the pertinent economic and agro-ecological factors, thus assisting the postulation of empirically testable hypotheses.

We also conducted two separate discrete choice experiments (DCEs) with orchardists from the provinces of Chiang Mai ( $N = 198$  respondents) and Chanthaburi ( $N = 127$ ), in order to elicit their preferences for

changes in the population of local wild bees that would hypothetically result from a conservation policy consisting (along with a per-household implementation fee) of at least one of the following three measures: (i) offering farmers bee-friendly alternatives to conventional agro-chemicals, (ii) enabling the protection and/or rehabilitation of natural bee habitats near cropland, and (iii) fostering the husbandry of native bee species by transferring technical knowledge on the practice of on-farm beekeeping.

In this context, for the *second article* we fitted random parameter logit (RPL) models on the Chiang Mai DCE dataset. They yielded a significant willingness to pay (WTP) for the presented conservation measures and suggested that the disutility the respondents perceived for a 50% decline in the local population of native bees was greater than the utility they would derive from experiencing a bee population increase of the same magnitude, thus hinting at *loss aversion*. Moreover, comparing our aggregated WTP estimates to the expected production losses (as calculated with a realistic 60% dependence on bee pollination), showed that longan farmers underestimated the true use value of pollination. On the other hand, the average WTP for all conservation measures combined by far exceeded the costs that, according to our calculations, each household would incur for such a project to be implemented. Our RPL models also indicated a significant preference heterogeneity in the sampled population, which we could partly explain with idiosyncratic variables such as gender and the respondents' attitudes towards native bees and beekeeping.

Finally, in the *third article* we further examined the sources of randomness in the observed choice behavior, by modelling the unknown choice decision-relevant influences that could not be captured during the DCEs. To that end, we fitted generalized mixed logit (GMXL) models on the pooled datasets, which allowed comparing, on a common utility scale, the part-worth (value) estimates from Chiang Mai and Chanthaburi, where different experimental designs were applied. Our results reveal that farmers in Chanthaburi, who reported having experienced crop declines that they attributed to insufficient pollination, introduced less subjective factors into their choices than their Chiang Mai counterparts, who may have been less familiar with the importance of conserving bees. Moreover, the GMXL results also suggest that Chanthaburi farmers placed a significantly higher value on the above-mentioned measures (i) and (ii), while caring comparatively less about a 50% decline in local wild bee colonies. One can thus hypothesize that an actual local pollinator decline may have made Chanthaburi farmers more aware of the importance of conserving native bees, while paradoxically making them more independent from the provision of wild pollination services, as they started managing crop pollination with stingless bees.

As depicted in our analytical framework and econometrically exemplified in two regions of Thailand, many regions of the world may draw net benefits from optimizing their agro-ecological conditions with regard to crop pollination. In that respect, an assessment of the social profitability of conserving wild bees in ecologically critical cases is advisable and expected to result in conservation arguments for the protection of wild pollinators, their habitats and related ecosystems services, and of the biodiversity that supports them.

## ZUSAMMENFASSUNG

Berichte über einen weltweiten Bestandsrückgang bei wildlebenden und domestizierten Bienen, insbesondere in Europa und Nordamerika, sowie die einhergehenden schädlichen Effekte einer intensiven Landwirtschaft (vor allem in Verbindung mit der übermäßigen Nutzung synthetischer Pestizide) und die resultierenden Ertragseinbußen, haben in den letzten Jahrzehnten zunehmend Anlass zur Sorge gegeben. Obwohl die meisten Berichte die Europäische Honigbiene (*Apis mellifera*) und Hummeln betreffen, handelt es sich bei diesen Arten oft um Indikatoren für den allgemeinen Gesundheitszustand der Lebensräume, die sie mit anderen Bestäubern teilen. Aus diesem Grund hat die internationale Gemeinschaft angeregt, globale Anstrengungen zum Schutz bestäubender Insekten zu koordinieren und zum ökonomischen Wert von Bienen sowie den wirtschaftlichen Auswirkungen eines Verlustes an Bestäubungsleistungen zu forschen.

Da Thailands Landwirtschaft sich in einem raschen Wandel hin zur vermehrten Erzeugung sogenannter "cash crops" in intensiven Bewirtschaftungssystemen befindet, ist davon auszugehen, dass diese Entwicklung, in Kombination mit dem Verlust, der Fragmentierung und Schädigung natürlicher Habitate, die artenreiche Bienenfauna, die acht einheimische Honigbienenarten und zahlreiche stachellose Bienen (vor allem aus der Gattung *Trigona*) umfasst, massiv bedroht. So berichten Landwirte aus Ostthailand – eine Region die durch intensiven Obstbau gekennzeichnet ist –, dass Bestäuberverluste bereits zu Ertragsrückgängen bei bestäubungsabhängigen Kulturen geführt hätten. Dieses Problem wurde von den Betroffenen zunächst durch die Anmietung von Bienenstöcken, später dann durch die eigene Haltung stachelloser Bienen abzumildern versucht. Im Gegensatz hierzu konnten wir für Nordthailand – eine Region mit vergleichsweise großen und zusammenhängenden Waldgebieten – feststellen, dass dort die Landwirte dazu neigen, von den Imkern eine Gebühr für das Aufstellen von Bienenstöcken in Longan-Plantagen (*Dimocarpus longan*) zu verlangen. Dabei ist zu bedenken, dass Longan-Nektar einen sehr wertvollen Honigertrag erbringt.

Der *erste Artikel* dieser kumulativen Dissertation behandelt mögliche Imker-Landwirte-Interaktionen, die bisher nur zum Teil mit den hierfür entwickelten mikroökonomischen Modellen analysiert werden konnten. Das bekannteste dieser theoretischen Modelle bezieht sich auf die hochgradig von der Bienenbestäubung abhängigen kalifornischen Mandel-Monokulturen, in denen seit Jahrzehnten kommerzielle Imker für Bestäubungsleistungen entlohnt werden. Das Modell analysiert die Bestimmungsgründe für die Besatzdichten an Honigbienen sowie für die Gleichgewichtslöhne der Bestäubungsimker. In dieser kumulativen Dissertation wird dieses Modell erweitert, indem zusätzlich (1) die Grenzproduktivität von Wildbienen in einem Agrarökosystem sowie (2) die Opportunitätskosten derjenigen Landwirte, die sich selbst der Bienenhaltung widmen, berücksichtigt werden. In diesem Zusammenhang wurde das ökonomische Potenzial, das sich für Landwirte aus der eigenen Haltung (u. U.

von verschiedenen Arten) von Bienen ergibt, explizit berücksichtigt und dabei den Nettonutzen aus den Bestäubungsleistungen und den anfallenden Imkereiprodukten dem Nettonutzen aus „zugekauften“ Bestäubungsleistungen gegenübergestellt. Der von uns entwickelte analytische Rahmen dient einerseits zur Klassifizierung der vielfältigen Beziehungen zwischen Landwirtschaft, Imkerei und Natur sowie den entsprechenden Optimierungsproblemen und hilft andererseits bei der Identifizierung institutioneller Lösungen, die jeweils geeignet erscheinen, ein bioökonomisches Gleichgewicht für ein optimiertes Angebot an Bestäubungsleistungen herbeizuführen. Darüber hinaus stellt er das Zusammenspiel der relevanten agrarökologischen und ökonomischen Einflussfaktoren dar und ermöglicht damit, empirisch überprüfbare Hypothesen abzuleiten.

Neben diesen theoretischen Analysen haben wir zwei voneinander unabhängige sogenannte “Discrete Choice“-Experimente (DCE) mit Obstbauern in den thailändischen Provinzen Chiang Mai ( $N = 198$  Teilnehmer) und Chanthaburi ( $N = 127$ ) durchgeführt, um deren Präferenzen hinsichtlich der Veränderungen der örtlichen Wildbienenpopulation zu ermitteln. Diese Veränderungen können sich jeweils aus hypothetischen Kombinationen von Teilnahmegebühren und den folgenden Naturschutzmaßnahmen ergeben: (i) Angebot von bienenschonenden Alternativen zum konventionellen chemisch-synthetischen Pflanzenschutz, (ii) Ermöglichung von Schutz und/oder Wiederherstellung natürlicher Bienenhabitate auf den Plantagen sowie den angrenzenden Flächen, und (iii) Förderung der Haltung einheimischer Bienenarten auf den eigenen landwirtschaftlichen Flächen durch Wissenstransfer zur Bienenhaltung.

In diesem Zusammenhang, haben wir im *zweiten Artikel* “Random Parameter Logit (RPL)”-Modelle für das in Chiang Mai durchgeführte DCE geschätzt. Diese ergaben signifikante Zahlungsbereitschaften (WTP) der Befragten für die oben genannten Maßnahmen sowie einen dem 50%-igen *Rückgang* der Bienenpopulation beigemessenen negativen Nutzen, der dem Betrag nach größer war als der mit einer entsprechenden *Populationszunahme* einhergehende Nutzen, was auf *Verlust-Aversion* hindeutet. Ein Vergleich der aggregierten WTP-Schätzung mit den realistischere zu erwartenden Ertragseinbußen, die anhand einer 60%-igen Abhängigkeit des Ertrags von der Bienenbestäubung errechnet wurden, zeigte zudem, dass der wahre Wert des Bestäubungsnutzens von den befragten Longan-Anbauern unterschätzt wird. Außerdem zeigten auf den Modellergebnissen beruhende Berechnungen, dass die durchschnittliche Zahlungsbereitschaft für das Bündel aller drei Schutzmaßnahmen die für den einzelnen Haushalt kalkulierten Teilnahmekosten im Fall einer Projektumsetzung bei weitem übertreffen. Unsere RPL-Modelle haben darüber hinaus eine signifikante Präferenzheterogenität bei den Befragungsteilnehmern ergeben, die wir teilweise mit idiosynkratischen Variablen, wie z. B. dem Geschlecht und der Einstellung der Befragten zu einheimischen Bienen und zur Imkerei, erklären konnten.

Im *dritten Artikel* sind wir schließlich den möglichen Ursachen der Zufallskomponente des beobachteten Wahlverhaltens nachgegangen, indem wir die unbekannteren entscheidungsrelevanten Einflüsse, die wir in

unseren beiden DCE nicht abbilden konnten, modelliert haben. Zu diesem Zweck wurden sogenannte "Generalized Mixed Logit (GMXL)"-Modelle für den aus beiden Regionen zusammengeführten ("pooled") Datensatz geschätzt. Dies ermöglichte den Vergleich der Teilnutzenschätzer für Chiang Mai mit denen für Chanthaburi auf einer gemeinsamen Nutzenskala, obwohl in Chiang Mai ein anderes experimentelles Design verwendet wurde. Unsere Ergebnisse zeigen, dass die Landwirte in Chanthaburi, die bereits von Ertragsinbußen wegen (nach ihrer Ansicht) unzureichender Bestäubung berichteten, weniger subjektive Faktoren in ihre Wahlentscheidungen einfließen ließen als ihre Kollegen in Chiang Mai. Letztere scheinen insgesamt weniger mit der Bedeutung des Bienenschutzes vertraut gewesen zu sein. Außerdem legen die GMXL-Ergebnisse nahe, dass die Landwirte in Chanthaburi einen signifikant höheren Wert auf die obigen Maßnahmen (i) und (ii) legen, während sie dem 50%-igen Rückgang der örtlichen Wildbienenpopulation einen relativ geringeren Wert beimessen. Daher kann man die Hypothese vertreten, dass es dort in der Vergangenheit bereits zu einem Rückgang lokaler Bestäuber gekommen ist und die Landwirte in Chanthaburi sich deshalb der Bedeutung des Schutzes einheimischer Bienen stärker bewusst sind. Die in diesem Zusammenhang paradox anmutende geringere Gewichtung eines Populationsrückgangs mag sich dadurch erklären, dass die Landwirte bereits damit begonnen haben, die Bestäubung mit Hilfe stachelloser Bienen zu bewerkstelligen, was sie von den Bestäubungsleistungen wilder Bienen unabhängiger macht. Es ist davon auszugehen, dass weltweit viele weitere Regionen hinsichtlich der Kulturpflanzenbestäubung von einer Optimierung der agrarökologischen Verhältnisse profitieren können, ähnlich wie wir dies zunächst anhand des entwickelten Analyserahmens und schließlich durch ökonomische Studien im Detail für zwei thailändische Regionen zeigen konnten. In diesem Kontext ist die systematische Erhebung und Bewertung des volkswirtschaftlichen Nutzens von Wildbienen insbesondere in ökologisch problematischen Fällen zu empfehlen. Dies dürfte in vielen Fällen überzeugende Argumente für den Schutz wilder bestäubender Insekten, ihrer Habitats und der einhergehenden Ökosystemleistungen erbringen und damit allgemein den Erhalt der Biodiversität befördern.