

INDEX INSURANCES AS A TOOL TO REDUCE NEGATIVE EXTERNALITIES OF PESTICIDES: APPLICATIONS FOR SWITZERLAND

Bachelor Thesis

Reto Beda Sager

Department of Environmental Systems Science
Degree Programme in Agricultural Sciences
ETH Zurich

Agricultural Economics and Policy Group
Prof. Dr. Robert Finger
Supervisor: Niklas Möhring

Spring Term 2018
Submission: 26.06.2018

Aufgabenstellung

- **Pflanzenschutzmittel (PSM)** spielen in aktuellen Produktionssystemen eine **wichtige Rolle**
 - Krankheiten und Schädlinge verursachen 50-80% potentielle Ertragsverluste (Oerke, 2006)
- **Negative externe Effekte** im Rahmen der Anwendung von PSM
 - Umweltauswirkungen wie Wasserverschmutzung (Pimentel et al., 1992; Brethour & Weersink, 2001)
- **Aktionsplan** zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln (WBF, 2017)
- **Indexversicherungen** könnten potentiell das **Risiko** des Landwirts **verringern**
 - Erste theoretische Anwendungen im Kontext PSM aus den USA (Norton et al., 2016)

Ziel:

Das **Konzept** von Indexversicherungen als Substitut für den Pflanzenschutzmitteleinsatz **darlegen** und **bisherige Arbeiten** zu diesem Thema **zusammenfassen**. Anschliessend die **Faktoren** für eine **erfolgreiche Anwendung** solcher Versicherungen herausstellen und anhand konkreter Beispiele für die Schweiz diskutieren.

Forschungsfragen und Methodik

- Was sind die **Effekte** von **PSM** auf die **Einkommensrisiken** von Landwirten?
- Welche **Voraussetzungen** müssen erfüllt sein, damit im landwirtschaftlichen Kontext traditionelle **Versicherungen eingeführt** werden können und welchen **Effekt** haben diese Versicherungen auf das **Ausmass** an **PSM-Anwendungen**?
- Haben **Indexversicherungen** das Potential **negative Externalitäten** von PSM zu **reduzieren**?

Methodik: Literaturrecherche

Agenda

1. Wirkung von PSM auf Einkommensrisiken
2. Versicherungen als Substitute für PSM
3. Indexversicherungen für Applikationskosten
4. Kriterien für die erfolgreiche Implementierung
5. Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft
6. Fazit

Wirkung von PSM auf Einkommensrisiken

- Intuition: **PSM** als **risikominimierender** Inputfaktor (Di Falco & Chavas, 2006; Koundouri et al., 2009)
 - Risikoaverse Produzenten setzen mehr ein als risikoneutrale (Horowitz & Lichtenberg, 1994)
 - Versicherungen reduzieren den Einsatz (Horowitz & Lichtenberg, 1994)
- **Kein positiver empirischen Zusammenhang** zwischen steigenden Risiken und Pestizid-Einsatz
 - risikoerhöhende Effekte (Gardebroek et al., 2010)
 - risikoneutrale Effekte (Hurd, 1994)

Wirkung von PSM auf Einkommensrisiken

- Detaillierte **theoretische Analyse** der Wirkung von PSM unter Unsicherheit (Horowitz & Lichtenberg, 1994)

Case	Risk effects of pesticides	Applications in the Swiss context	Implication for insurances
I) growth conditions deterministic / pest damage stochastic	Pesticides have a risk-reducing effect	Fruit and legume production systems with low yield variability due to risk reduction strategies.	Risk-averse agents apply <i>c. p.</i> more pesticides than optimal. Insurance is a substitute to pesticides.
II) growth conditions stochastic / pest damage deterministic	Pesticides have a risk-increasing effect	Pest damage mainly determined by previous cultivation. Relevant for weeds and herbicide application.	Risk-averse agents apply <i>c. p.</i> less pesticides than optimal. Insurance is a complement to pesticides.
III) growth conditions and pest damage stochastic	Effect of pesticides is unclear; i.a. depending on the correlation of crop growth and pest damage	Most common situation in arable farming including a wide range of crops (grains, corn, ...).	

Adaptiert nach Finger et al., 2016

Traditionelle Versicherungen als Substitute für PSM

- **Annahmen:**
 - Landwirte sind risikoavers
 - PSM sind risikominimierend
- **Voraussetzungen** (Ahsan et al., 1982; Chambers, 1989):
 - Risiken sind vollständig bekannt
 - Zahlreiche Individuen sind demselben Risiko ausgesetzt und weisen eine unabhängig verteilte Eintrittswahrscheinlichkeit für einen Schaden auf
 - Symmetrische Informationen bezüglich dem Risiko
 - Kein Moral Hazard
 - Keine Adverse Selektion
 - Sowohl Versicherter als auch Versicherer werden mindestens gleich gut oder besser gestellt

Systemische Risiken in Kombination mit **asymmetrischen Informationen** führen zu **Marktversagen**.

Indexversicherungen als Substitute für PSM

- **Charakteristika** Indexversicherung

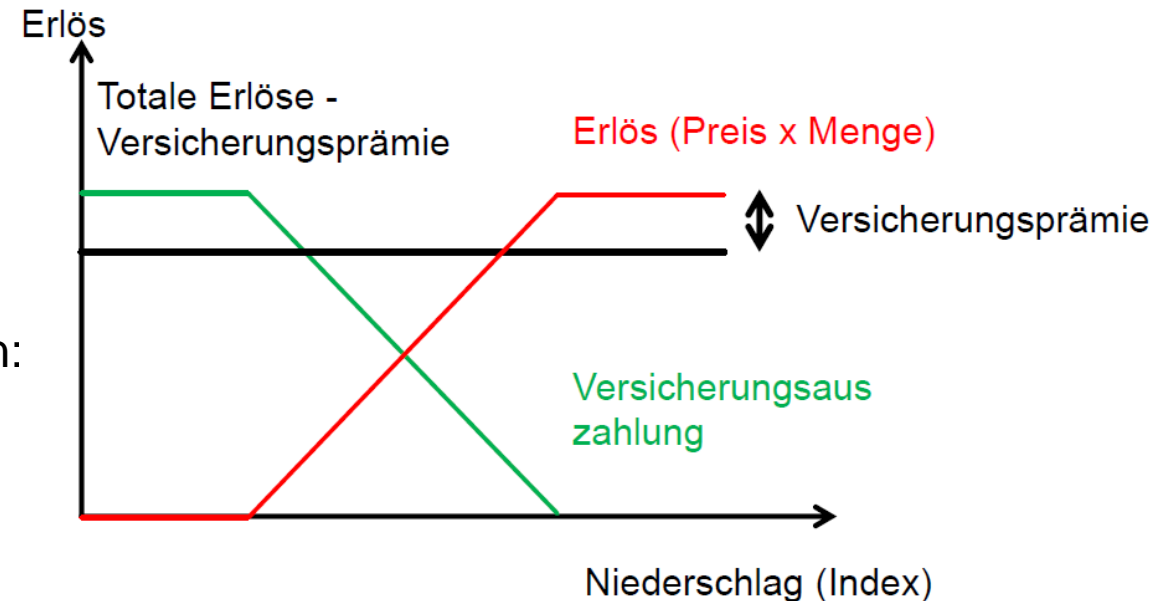
- Schwelle, Limit, Maximum
- Ursache (nicht Effekt) ist versichert

- **Vorteile** gegenüber traditionellen Versicherungen:

- Zahlungen basieren auf objektivem Index
- Tiefere Transaktionskosten
- Risikotransfer anstatt Risikopooling

- **Nachteile** (Woodard & Garcia, 2008):

- Keine perfekte Korrelation zwischen Index und tatsächlichem Schaden
 - Design Basisrisiko (Methodik zur Abbildung der Korrelation)
 - Räumliches Basisrisiko (aggregierte Datenerhebung)
 - Zeitliches Basisrisiko (variabler Einfluss über die Zeit)



Quelle: Vorlesung Prof. Finger

Indexversicherungen als Substitute für PSM

- **Annahmen:**
 - Landwirte sind risikoavers
 - PSM sind risikominimierend
- **Voraussetzungen:**
 - Basisrisiko führt nicht zu Marktversagen
 - Diversifizierung systemischer Risiken über Finanzmärkte (Shen & Odening, 2013)

Indexversicherungen können die **Einkommensrisiken** von Landwirten **reduzieren, variieren** aber substantziell in ihrer **Effektivität**. Bis dato liegt der **Fokus** auf der Reduktion von Einkommensrisiken aufgrund von extremen **Wetterereignissen** (z.B. Trockenheit).

Indexversicherungen für Applikationskosten

- **Alternativer Ansatz** aus den USA im Umgang mit dem inhärenten Basisrisiko (Norton et al., 2016)
 - Zusammenhang zwischen Wetter, Pflanzenwachstum, Krankheiten und Schädlingen
 - Verknüpfung mit Prognosemodellen
- **Simultane Verfügbarkeit** von **Versicherungen** und **Klimavorhersagen** (Carriquiry & Osgood, 2012)
 - Fast deterministische Pay-outs von Produktionsentscheidungen
 - Weniger risikoaverses Verhalten von Landwirten
- **Versicherung** der **Kosten** einer **PSM-Applikation** (Norton et al., 2016)
 - Deterministische Auszahlung von Produktionsentscheidungen
 - Finanzielle Anreize für optimalen Applikationszeitpunkt und Dosierung

Die **Anwendung** von Indexversicherungen für Applikationskosten auf Prognosemodelle für Krankheiten und Schädlinge ist **kein Substitut** für PSM. Dennoch scheint es möglich, **Externalitäten zu reduzieren**.

Kriterien für die erfolgreiche Implementierung

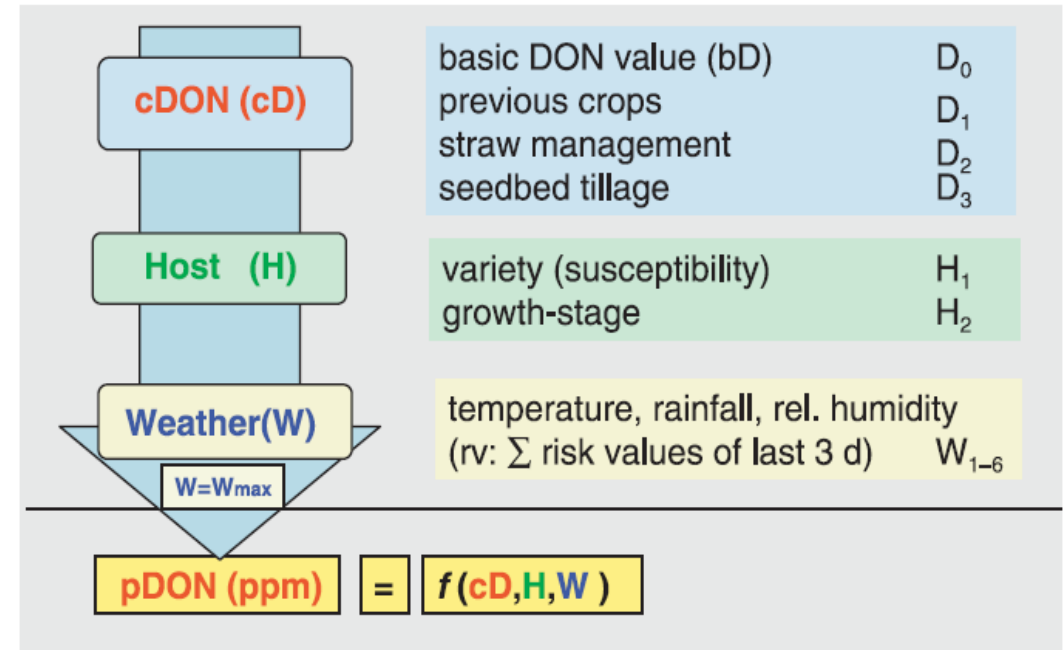
- **Vertragsausgestaltung** (Barnett & Mahul, 2007)
 - Vollständiges Wissen zu involvierten Risiken (unabhängige Datenerhebung)
 - Tiefes Basisrisiko (Güte des Prognosemodells)
 - Effizienter Umgang mit systemischen Risiken (Rückversicherung, CAT Bonds)
 - Risikoreduktion für den Landwirt
- **Kontext-spezifische Faktoren** (Patt et al., 2009)
 - Verständlichkeit des Produkts
 - Vertrauen in den Versicherer

Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft

- **Höchste Intensität** an PSM-Applikationen in Gemüse-, Früchte- und Weinproduktionssystemen (Spycher et al., 2013)
- **Grösste Mengen** an aktiven Substanzen in Getreide und Kartoffeln (de Baan et al., 2015)
 - FusaProg
 - PhytoPRE+2000

Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft – Getreide

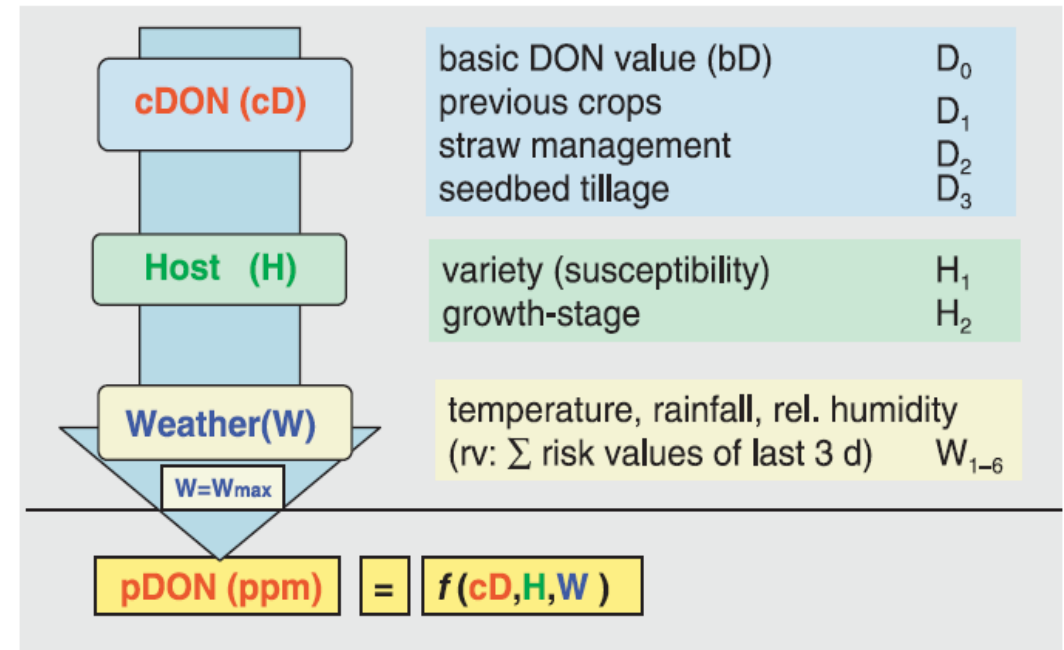
- *Fusarium graminearum*
 - Tiefere Erträge
 - Kontaminationen mit Mykotoxinen
- **FusaProg** (Musa et al., 2007)
 - Vorhersage von Befall und Mykotoxin-Levels auf Feldebene
 - Verfügbar seit 2007
- **Vertragsausgestaltung**
 - Vollständiges Wissen zu involvierten Risiken (unabhängige Datenerhebung)
 - Wetterdaten von MeteoSwiss
 - Problematische Erhebung der Felddaten
 - Tiefes Basisrisiko (Güte des Prognosemodells)
 - Optimierung auf Feldebene und dichtes Netz an Messtationen



(Musa et al., 2007)

Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft – Getreide

- *Fusarium graminearum*
 - Tiefere Erträge
 - Kontaminationen mit Mykotoxinen
- **FusaProg** (Musa et al., 2007)
 - Vorhersage von Befall und Mykotoxin-Levels auf Feldebene
 - Verfügbar seit 2007
- **Reduktionspotential**
 - Fungizide in der Schweiz risikoerhöhend (Gotsch & Regev, 1996), Indexversicherung kein Substitut
 - Finanzieller Anreiz für optimalen PSM-Einsatz
 - Daten aus Deutschland zeigen Potential (Bürger et al., 2012)
(37% der Variabilität des PSM-Einsatz erklärt durch allgemeine Intensität und Routine)



Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft – Kartoffeln

- *Phytophthora infestans*
 - Grosse potentielle Ertragseinbussen
 - Durchschnittlich jährlich 5-6 Fungizid-Applikationen (de Baan et al., 2015)
- **PytoPre+2000** (Agroscope, 2018)
 - Vorläufer PhytoPre, entwickelt in den 90-er Jahren
 - Vorhersage der lokalen Wahrscheinlichkeit eines Befalls (feldspezifisch möglich)
- **Vertragsausgestaltung**
 - Vollständiges Wissen zu involvierten Risiken (unabhängige Datenerhebung)
 - Wetterdaten von MeteoSwiss
 - Problematische Erhebung der Felddaten
 - Möglicherweise zu vorsichtig kalibriert
 - Tiefes Basisrisiko (Güte des Prognosemodells)

Anwendungen in der Schweizer Landwirtschaft – Kartoffeln

- *Phytophthora infestans*
 - Grosse potentielle Ertragseinbussen
 - Durchschnittlich jährlich 5-6 Fungizid-Applikationen (de Baan et al., 2015)
- **PytoPre+2000** (Agroscope, 2018)
 - Vorläufer PhytoPre, entwickelt in den 90-er Jahren
 - Vorhersage der lokalen Wahrscheinlichkeit eines Befalls (feldspezifisch möglich)
- **Reduktionspotential**
 - Kraut- und Knollenfäule ist epidemisch
 - Versicherung der Summe der Applikationen
 - Zu viele Applikationen wären mit höheren Opportunitätskosten verknüpft

Fazit

- Die **Effekte** von **PSM** auf Einkommensrisiken sind stark **kontextabhängig**
- **Traditionelle Versicherungen** als **Substitute** für PSM **scheitern** an den kontextabhängigen Risikoeffekten von PSM, inhärenten systemischen Risiken und asymmetrischen Informationen
- Die Anwendung von **Indexversicherungen für Applikationskosten** auf Prognosemodelle für Krankheiten und Schädlinge ist **kein Substitut** für PSM, dennoch **ermöglicht** sie eine **Reduktion** von negativen **Externalitäten**
 - **Problemfelder** der Anwendungen im Schweizer Kontext der Getreide- und Kartoffelproduktion
 - Schwierige Korrelation zwischen Wetterdaten und Krankheit
 - Güte der Prognosemodelle (Felddaten)
 - **Umsetzung** des theoretischen Potentials in einen konkreten **Prototyp**
 - Verbesserung der **Güte der Prognosemodelle** wünschenswert
 - Komplettierung mit Analysen zu **Landnutzungseffekten** («extensive margin»)

Quellenverzeichnis I/III

Agroscope. (2018c). PhytoPRE+2000. Retrieved June 22, 2018, from <http://www.phytopre.ch/>

Ahsan, S. M., Ali, A. A. G., & Kurian, N. J. (1982). Toward a theory of agricultural insurance. *American Journal of Agricultural Economics*, *64*(3), 510–529.

Barnett, B. J., & Mahul, O. (2007). Weather index insurance for agriculture and rural areas in lower-income countries. *American Journal of Agricultural Economics*, *89*(5), 1241–1247.

Brethour, C., & Weersink, A. (2001). An economic evaluation of the environmental benefits from pesticide reduction. *Agricultural Economics*, *25*(2–3), 219–226.

Bürger, J., de Mol, F., & Gerowitt, B. (2012). Influence of cropping system factors on pesticide use intensity – A multivariate analysis of on-farm data in North East Germany. *European Journal of Agronomy*, *40*, 54–63.

Carrquiry, M. A., & Osgood, D. E. (2012). Index insurance, probabilistic climate forecasts, and production. *Journal of Risk and Insurance*, *79*(1), 287–300.

Chambers, R. G. (1989). Insurability and moral hazard in agricultural insurance markets. *American Journal of Agricultural Economics*, *71*(3), 604–616.

de Baan, L., Spycher, S., & Daniel, O. (2015). Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz von 2009 bis 2012. *Agrarforschung Schweiz*, *6*(2), 48–55.

Di Falco, S., & Chavas, J.-P. (2006). Crop genetic diversity, farm productivity and the management of environmental risk in rainfed agriculture. *European Review of Agricultural Economics*, *33*(3), 289–314.

Quellenverzeichnis II/III

Finger, R., Böcker, T., Möhring, N., & Dalhaus, T. (2016). *Ökonomische Analyse des Einsatzes von Pflanzenschutzmitteln – Risikoaspekte und Lenkungsabgaben*. Retrieved January 21, 2018, from <http://hdl.handle.net/20.500.11850/121283>

Gardebroek, C., Chavez, M. D., & Lansink, A. O. (2010). Analysing production technology and risk in organic and conventional Dutch arable farming using panel data. *Journal of Agricultural Economics*, *61*(1), 60–75.

Gotsch, N., & Regev, U. (1996). Fungicide use under risk in Swiss wheat production. *Agricultural Economics*, *14*(1), 1–9.

Horowitz, J. K., & Lichtenberg, E. (1994). Risk-reducing and risk-increasing effects of pesticides. *Journal of Agricultural Economics*, *45*(1), 82–89.

Hurd, B. H. (1994). Yield response and production risk: An analysis of integrated pest management in cotton. *Journal of Agricultural and Resource Economics*, *19*(2), 313–326.

Koundouri, P., Laukkanen, M., Myyrä, S., & Nauges, C. (2009). The effects of EU agricultural policy changes on farmers' risk attitudes. *European Review of Agricultural Economics*, *36*(1), 53–77.

Musa, T., Hecker, A., Vogelgsang, S., & Forrer, H. R. (2007). Forecasting of Fusarium head blight and deoxynivalenol content in winter wheat with FusaProg. *EPPO Bulletin*, *37*(2), 283–289.

Norton, M., van Sprundel, G.-J., Turvey, C. G., & Meuwissen, M. P. M. (2016). Applying weather index insurance to agricultural pest and disease risks. *International Journal of Pest Management*, *62*(3), 195–204.

Oerke, E.-C. (2006). Crop losses to pests. *The Journal of Agricultural Science*, *144*(1), 31–43.

Patt, A., Peterson, N., Carter, M., Velez, M., Hess, U., & Suarez, P. (2009). Making index insurance attractive to farmers. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, *14*(8), 737–753. <https://doi.org/10.1007/s11027-009-9196-3>

Quellenverzeichnis III/III

Pimentel, D., Acquay, H., Biltonen, M., Rice, P., Silva, M., Nelson, J., ... D'amore, M. (1992). Environmental and economic costs of pesticide use. *BioScience*, 42(10), 750–760.

Shen, Z., & Odening, M. (2013). Coping with systemic risk in index-based crop insurance. *Agricultural Economics*, 44(1), 1–13.

Spycher, S., Badertscher, R., & Daniel, O. (2013). Indikatoren für den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Schweiz. *Agrarforschung Schweiz*, 4(4), 192–199.

WBF – Eidgenössisches Departement für Wirtschaft, Bildung und Forschung. (2017). *Aktionsplan zur Risikoreduktion und nachhaltigen Anwendung von Pflanzenschutzmitteln - Bericht des Bundesrates*. Retrieved February 15, 2018, from <https://www.blw.admin.ch>

Woodard, J. D., & Garcia, P. (2008). Basis risk and weather hedging effectiveness. *Agricultural Finance Review*, 68(1), 99–117.