

Agriculture and nitrate contamination in Austrian groundwater: An empirical analysis

Christine Heumesser,
Erwin Schmid and
Katharina Wick



ÖGA-Tagung

Innsbruck, 24.-25.9.2009

Motivation (1): Nitrat im Grundwasser

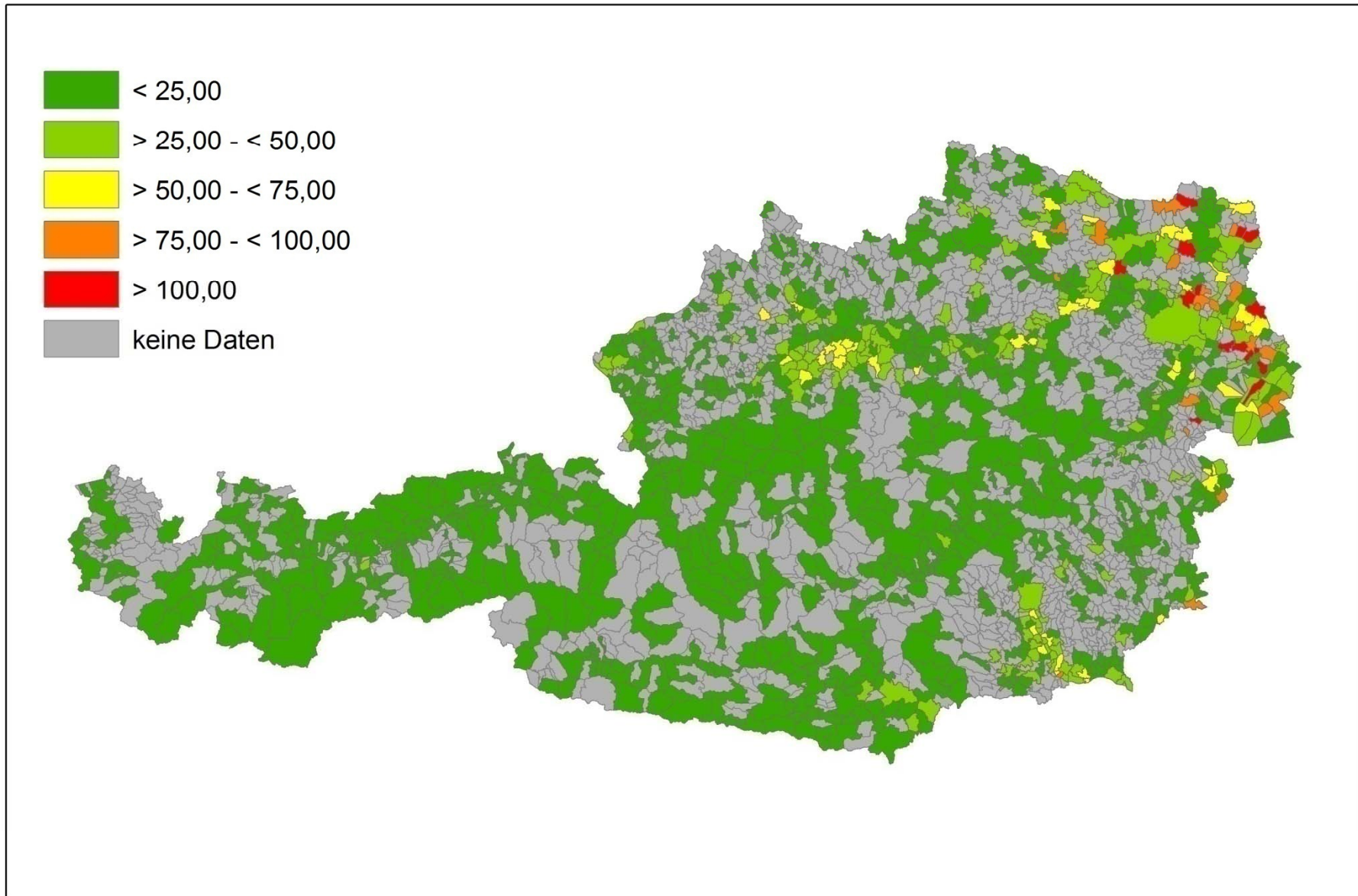


Nitrat: wichtiger Nährstoff in Landwirtschaft

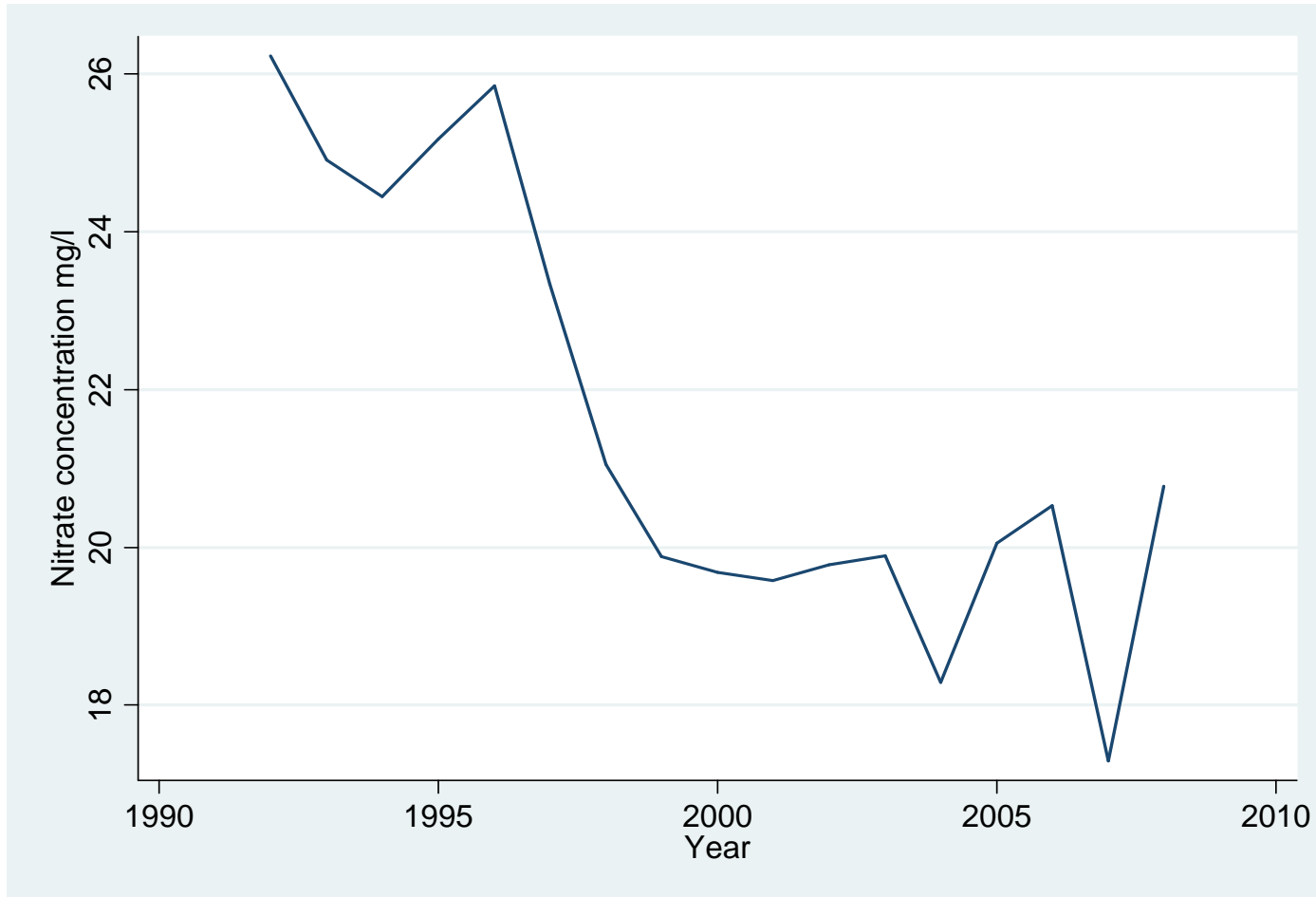
Nitrat ist leicht löslich → Auswaschung ins
Grundwasser → Verunreinigung des Trinkwassers
→ wichtiges Forschungsthema

EU Direktive (1991): akzeptabler Grenzwert 50mg/l.
Wie sieht die österreichische Situation aus?

Motivation (2): Das Jahr 2007



Motivation (3): Nitratkonzentration über die Zeit



Motivation (4): Forschungsfrage



Wie kann diese starke Variation erklärt werden, d.h. welche sind die Determinanten der Nitratbelastung des Grundwassers?

→ Regressionsanalyse kann helfen wichtige Faktoren herauszufiltern

Literatur:

Schweigert (2004) : Niederschlag und Temperatur

Hofreither & Pardeller (1996): landwirtschaftliche Aktivitäten

Sinabell (2009): umweltpolitische Instrumente

Daten (1): Die abhängige Variable



Nitratekonzentration im Grundwasser in mg/l

Quelle: Umweltbundesamt 2009

Cross section Dimension: 1238 Gemeinden

Zeit Dimension: 69 Perioden, vier beobachtete Werte pro Jahr (jedes Quartal), 04/1991 – 04/2008



Daten (2): Unabhängige Variable Niederschlag

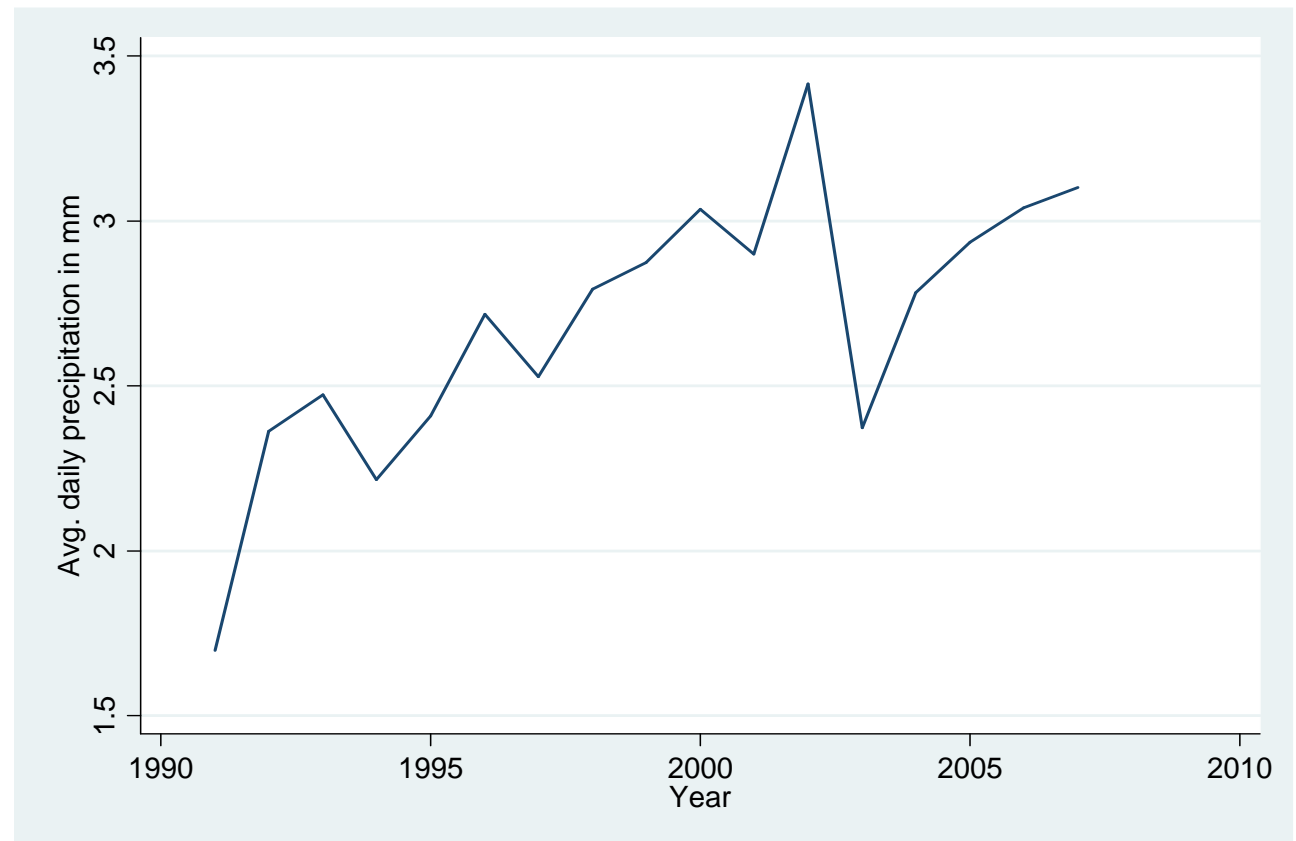
Gemessen in mm



Quelle: ZAMG,
Strauss et al.
(2009)

Cross section Dim:
60 Wettercluster,
jeder Gemeinde
wird ein
Wettercluster
zugeordnet

Zeit Dim: tägliche
Meßwerte,
aggregiert zu
Quartalswerten



Daten (3): Unabhängige Variable Land Cover

Werte: bebaut, Ackerland, Grünland, heterogen, Wald, Feucht, Wasser; in % der Gemeindefläche



Quelle: CORINE Landcover

Cross section Dimension: Gemeinde

Zeit Dimension: keine, zeit konstant



Province	Proportion buildings	cropland	meadow	hetero	forest	wetland	water
Burgenland	0.069	0.545	0.012	0.086	0.276	0.01	0.002
Kärnten	0.047	0.098	0.074	0.123	0.623	0.005	0.011
Niederösterreich	0.102	0.5	0.031	0.102	0.257	0	0.008
Oberösterreich	0.102	0.313	0.101	0.185	0.276	0	0.012
Salzburg	0.072	0.001	0.284	0.023	0.567	0.003	0.012
Steiermark	0.112	0.178	0.068	0.121	0.492	0.001	0.005
Tirol	0.072	0.009	0.119	0.031	0.713	0.001	0.007
Vorarlberg	0.211	0.061	0.117	0.039	0.505	0.02	0.016
Wien	0.626	0.115	0.004	0.042	0.179	0	0.035
TOTAL	0.096	0.272	0.081	0.102	0.421	0.003	0.008

Daten (4): Unabhängige Variable Bodenqualität



Zwei Maße für Bodenqualität:

„Bodenklimazahl“: Bodenqualitätsindex

Feldkapazität (FWC): Möglichkeit des Bodens Wasser zu speichern

Quelle: Bodenschätzungsgesetz (1970), Balkovic et al. (2007)

Cross section Dimension: Gemeinde

Zeit Dimension: keine, Zeit-konstant

Daten (5): Unabhängige Variable

Landnutzung

Informationen zu Kulturen und Viehhaltung



Kulturen sind in 4 Gruppen geteilt: Öl und Eiweiß, Ackergrünland, Getreide und Mais, Hackfrüchte und Gemüse
in % der Gemeindefläche

Viehhaltung gemessen mit „Grossvieheinheiten“ korrigiert um Gemeindefläche

Quelle: Invekos

Cross section Dimension: Gemeinde (Wien noch nicht inkludiert)

Zeit Dimension: 1999 und 2002-2006, jährliche Werte.

Methode: Pooled Ordinary Least Squares Regression



Viele Variable (fast) zeit konstant

→ Pooled OLS (Zeit/Cross section Dimension gleich behandelt)

Schätzen eine Gleichung der Form

$$y = \beta_0 + \beta_1 x + \beta_2 x^2 + \varepsilon$$

um nicht lineare (und im Speziellen nicht-monotone) Effekte zuzulassen:

$$\frac{\partial y}{\partial x} = \beta_1 + 2\beta_2 x$$

Regressionsanalyse (1): Land cover und Niederschlag



Regressionsgleichung:

$$\begin{aligned} \text{Nitrat}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 NS_{it-1} + \beta_2 NS_{it-1}^2 + \sum_j \beta_{3j} \text{Pr op}_{-j_i} + \sum_j \beta_{4j} \text{Pr op}_{-j_i}^2 \\ & + \beta_5 FWC_i + \beta_6 BKLZ_i + \sum_k \beta_{7k} \text{Jahr}_{-k_t} + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

wobei $j \in \{\text{bebaut, Acker, Grün, Wald}\}$ und $k \in \{1992, \dots, 2008\}$

Erwartete geschätzte Koeffizienten:

NS: $\beta_1, \beta_2 >< 0$ Auswaschung vs. Verdünnung

Landcover: $\beta_{3\text{Acker}} > 0, \beta_{3\text{Grün}} < 0, \beta_{4\text{bebaut}} > 0,$

Boden: $\beta_5 < 0, \beta_6 >< 0$

Regressionsanalyse (2): Resultate NS und Landcover



Nitrate concentration	
Precipitation	-0.502***
Precipitation^2	0.0471***
Meadow	-22.75***
Meadow^2	23.48***
Cropland	14.85***
Cropland^2	32.89***
Buildings	-31.08***
Buildings^2	56.15***
Forest	42.10***
Forest^2	-46.38***
FWC	-78.76***
BKLZ	0.0293***
Constant	26.21***
Observations	49407
Adjusted R-squared	0.273
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1	
Control for Year dummies	

→ Nicht monotoner Effekt von Niederschlag
 → Grünland & bebaut generell negativ (hohe Werte von bebaut pos.!)
 → Ackerland positiv
 → Wenig Wald pos., viel Wald neg.
 → höhere Bodenqualität pos. (intensivere Nutzung)
 → Boden mit hoher FWC neg.

Regressionsanalyse (3): Landnutzung - Ackerland



Regressionsgleichung:

$$\text{Nitrat}_{it} = \beta_0 + \beta_1 \text{NS}_{it-1} + \sum_j \beta_{2j} \text{Prop}_{-j_{ik}} + \beta_3 \text{FWC}_i + \beta_4 \text{BKLZ}_i + \sum_k \beta_{5k} \text{Jahr}_{-k_t} + \varepsilon_{it}$$

wobei $j \in \{\text{ÖlEiweiß}, \text{Acker grün}, \text{GetreideMais}, \text{HackfrüchteGemüse}\}$
und $k \in \{1999, 2002, \dots, 2006\}$

Erwartete geschätzte Koeffizienten:

$\beta_1 > 0$ Subsample mit höherem DurchschnittsNS

$\beta_{2j} > 0$ Anbau von Kulturen erhöht Nitratgehalt

Regressionsanalyse (4): Resultate Landnutzung - Ackerland



	Nitrate concentration	Nitrate concentration
Precipitation	0.224***	0.133*
Oil seed and protein crops		65.94***
Arable grassland		36.59***
Cereal and maize crops		26.32***
Rowcrops and vegetables		43.75***
Meadow	-58.35***	-47.40***
Meadow^2	72.84***	55.57***
Cropland	49.56***	
Cropland^2	-17.06***	
BKLZ	0.0303***	0.0349***
FWC	-62.19***	-56.18***
Constant	23.93***	21.06***
Observations	18936	18936
Adjusted R-squared	0.308	0.306
*** p<0.01, ** p<0.05, * p<0.1		
Control for Year dummies		

→ Alle Kulturen haben pos. Effekt
 → Am stärksten: Öl- und Eiweißpflanzen
 → Am schwächsten: Getreide und Mais

Regressionsanalyse (5): Landnutzung - Tierhaltung



Regressionsgleichung:

$$\begin{aligned} \text{Nitrat}_{it} = & \beta_0 + \beta_1 \text{NS}_{it-1} + \beta_2 \text{GV}_{ik} + \beta_3 \text{GV}_{ik}^2 + \sum \beta_4 \text{Pr op} - j_{ik} \\ & + \sum \beta_5 \text{Pr op} - j_{ik}^2 + \beta_6 \text{FWC}_i + \beta_7 \text{BKLZ}_i^j \\ & + \sum_k^j \beta_{10k} \text{Jahr} - k_t + \varepsilon_{it} \end{aligned}$$

wobei $j \in \{\text{Ac ker, Grün}\}$ und $k \in \{1999, 2002, \dots, 2006\}$

Erwartete geschätzte Koeffizienten:

$\beta_3 > 0$ Tierhaltung (ab bestimmter Intensität)
erhöht Nitratwerte

Regressionsanalyse (6): Resultate Landnutzung - Tierhaltung



	Nitrate concentration
Precipitation	0.219***
Grossvieheinheiten	-4.762***
Grossvieheinheiten^2	1.743**
Cropland	53.22***
Cropland^2	-19.30***
Meadow	-45.06***
Meadow^2	59.15***
FWC	-52.74***
BKLZ	0.0312***
Constant	20.10***
Observations	18782
Adjusted R-squared	0.310

→ Hohe Konzentration von Tieren (>1.38GV/Hektar) ist pos.

Vorläufige Schlußfolgerungen



- **Anbau von Ackerkulturen** (vor allem Öl- und Eiweißpflanzen sowie Hackfrüchte und Gemüse) und **stark bebaute Flächen** haben einen positiven Effekt auf Nitratwerte, wohingegen Grünland und Wälder einen generell negativen Effekt ausüben.
 - **Niederschlag** zeigt einen nicht monotonen Effekt. Dies kann durch die Existenz zweier gegenläufiger Effekte erklärt werden (Verdünnung vs. Auswaschung).
 - Der Effekt, dass **Boden guter Qualität** intensiver bewirtschaftet wird scheint den Effekt geringer Auswaschung solcher Böden zu dominieren.
 - Intensive **Tierhaltung** erhöht beobachtete Nitratwerte.
-

Zukünftige „research agenda“



- Konzentration auf Erklärung der **Variation über Quartale**:
Inkludierung Werte zu Düngung, N-Entzug, N-Fixierung und
atmosphärische Desposition (Komponenten der **N-Bilanz**)
 - Untersuchung der Effekte **unterschiedlicher Anbauweisen**
(bio vs. konventionell) und künstlicher **Bewässerung**
 - Analyse der Effekte unterschiedlicher **Bodeneigenschaften**
 - Analyse von „**spatial patterns**“ mit Hilfe von spatial
econometrics/ cluster analysis
-