Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

Einsparungspotentiale beim Einsatz von Pflanzenschutzmittel im Schweizer Obstbau

Thomas Geissmann[a], Sandro Steinbach[a,b]

[a] Abteilung Forschung und Entwicklung, Kalaidos Fachhochschule, Jungholzstrasse 43, 8050 Zürich

[b] Zentrum für Wirtschaftsforschung, ETH Zürich, Zürichbergstrasse 18, 8092 Zürich

Ausgangslage

- Der Obstbau setzt mit Abstand die grösste Menge an Pflanzenschutzmitteln pro Hektar ein
- Welcher Beitrag können die Schweizer Obstproduzenten zu einer nachhaltigeren Anwendung von Pflanzenschutzmitteln leisten?

  ➔ Effizienzsteigerungsmassnahmen

  Vorteil: keine weiteren Fehlallokationen (wie bspw. bei regulatorischen Eingriffen)

Wie effizient sind die Obstproduzenten in Bezug auf den Einsatz von Pflanzenschutzmitteln?

Einsatz von Pflanzenschutzmitteln

- Schweizer Bauern verwenden **jährlich etwa 2'100 Tonnen** an Pflanzenschutzmitteln
  - Fungizide 44.1% / Herbizide 38.3% / Insektizide 15.7%
- Beim **Kernobst** wird mit Abstand grösste Menge an Pflanzenschutzmitteln pro Hektar eingesetzt
  - Im Schnitt versprüht jeder Kernobstproduzent ca. **37.48 Kilogramm** an Wirkstoffen pro Hektar und Jahr
    - ➔ Trotz geringem Anteil an der **Landwirtschaftsfläche von <1%**, Kernobstproduktion ca. 20% an ausgebrachten Pflanzenschutzmitteln
- Erste Studie, welche sich mit **Effizienzsteigerungspotentialen im Einsatz von Pflanzenschutzmitteln** befasst

Literaturüberblick

- **Potentiale zur Effizienzsteigerung** in der Schweizer Landwirtschaft
  - Todesco, Jan et al. (2011): Inputeinsparungspotentiale und Einkommenseffekte, DEA, Einsparpotentiale von 2-9% (700m CHF)
- **Effizienzsteigerung und regulatorische Eingriffe**
  - Van der Vlist, Withagen et al. (2007): Auswirkungen auf die Effizienz im Gartenbau, SFA, Niederlande
  - Njuki and Bravo-Ureta (2015): Milchproduktion, SFA, US

  → Technische Effizienz nimmt als Folge regulatorischer Eingriffe zu
- **Effizienzschätzung**
  - SFA und DEA, breite Literatur, transiente und persistente Effizienz

Daten

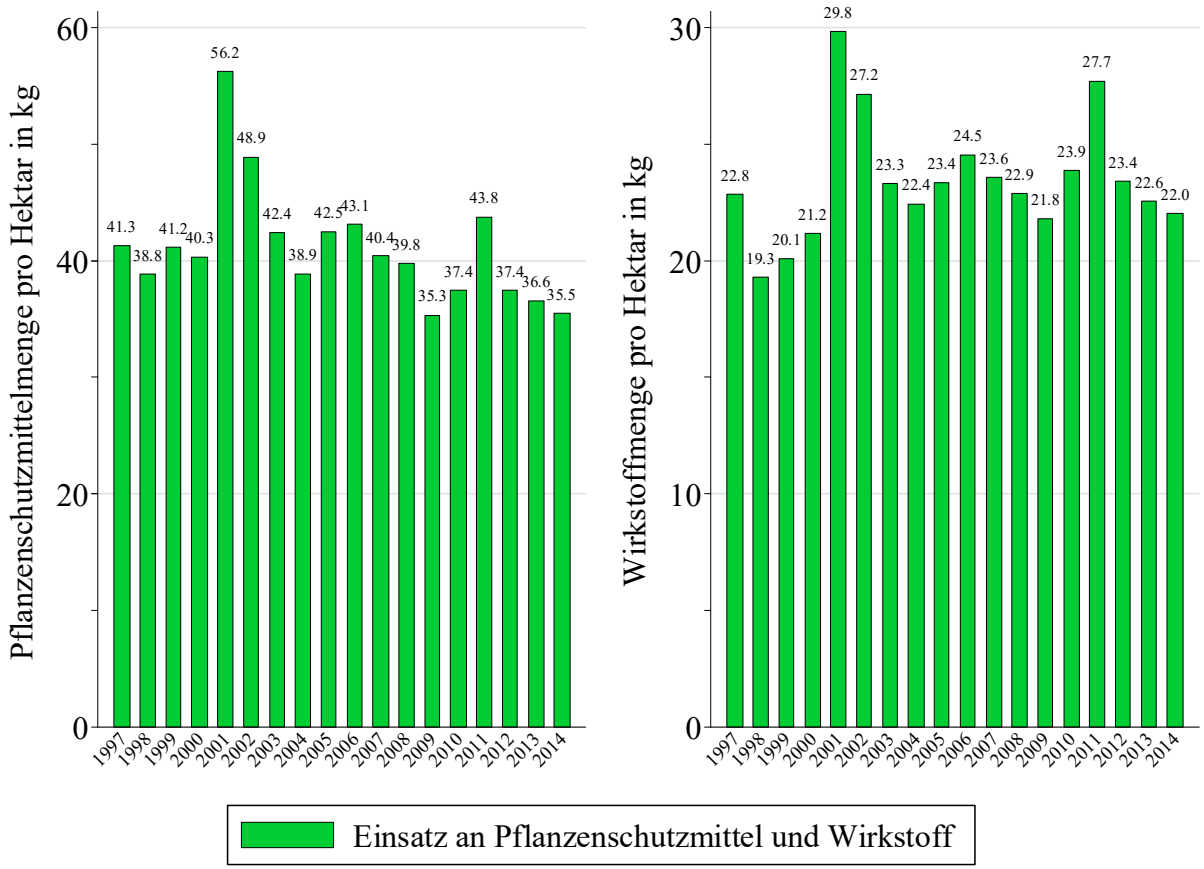
Kalaidos Fachhochschule Schweiz
Abteilung Forschung und Entwicklung

- **Initiative Support Obst – Arbo (SOA)**
  - Gemeinschaftsprojekt der Agroscope und der Beratungszentrale AGRIDEA in Zusammenarbeit mit dem Schweizerischen Obstverband (SOV)
- **Repräsentativer Datensatz** von Obstproduzenten aus der Ostschweiz
  - Ostschweiz: rund 60 Prozent aller Schweizer Apfelanbaubetriebe
- **39 Betriebe, davon 6 Bio** (Kantone SG, TG, ZH), Zeitraum 1997 bis 2014, pro Jahr im Schnitt 14 Betriebe
- **Analysen auf Ebene Parzelle**, pro Betrieb im Schnitt 15 Sortenquartiere, Parzellengrösse gewöhnlich < 1 Hektar

Einsatz an Pflanzenschutzmitteln und -wirkstoffen

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

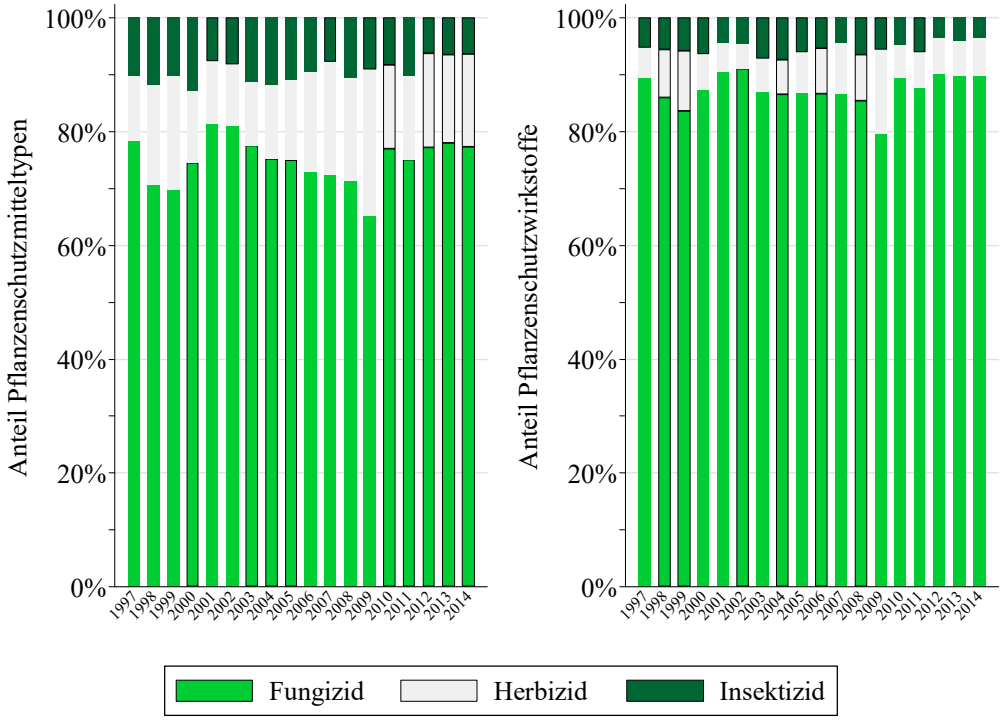
Abteilung Forschung und Entwicklung



Anteile an Pflanzenschutzmittel und Wirkstoff

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

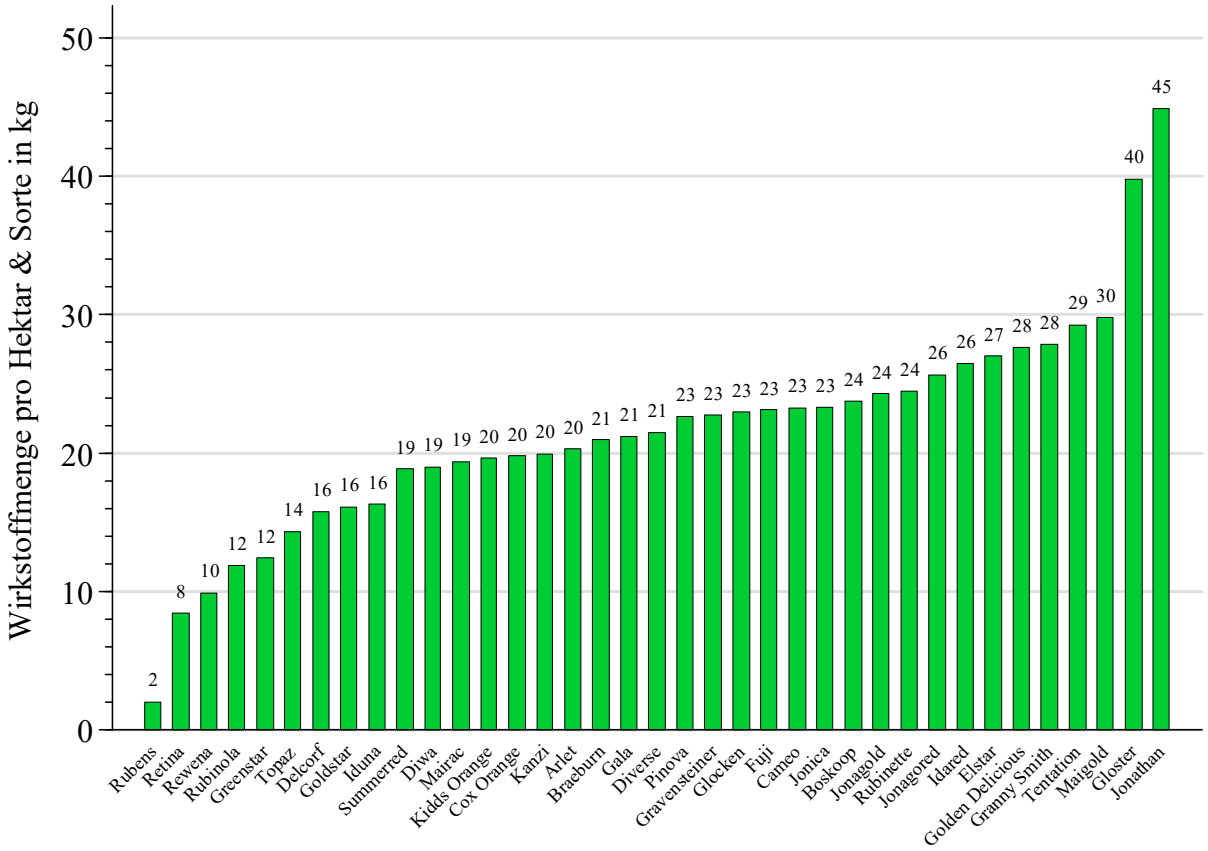
Abteilung Forschung und Entwicklung



Wirkstoffmenge pro Sorte

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

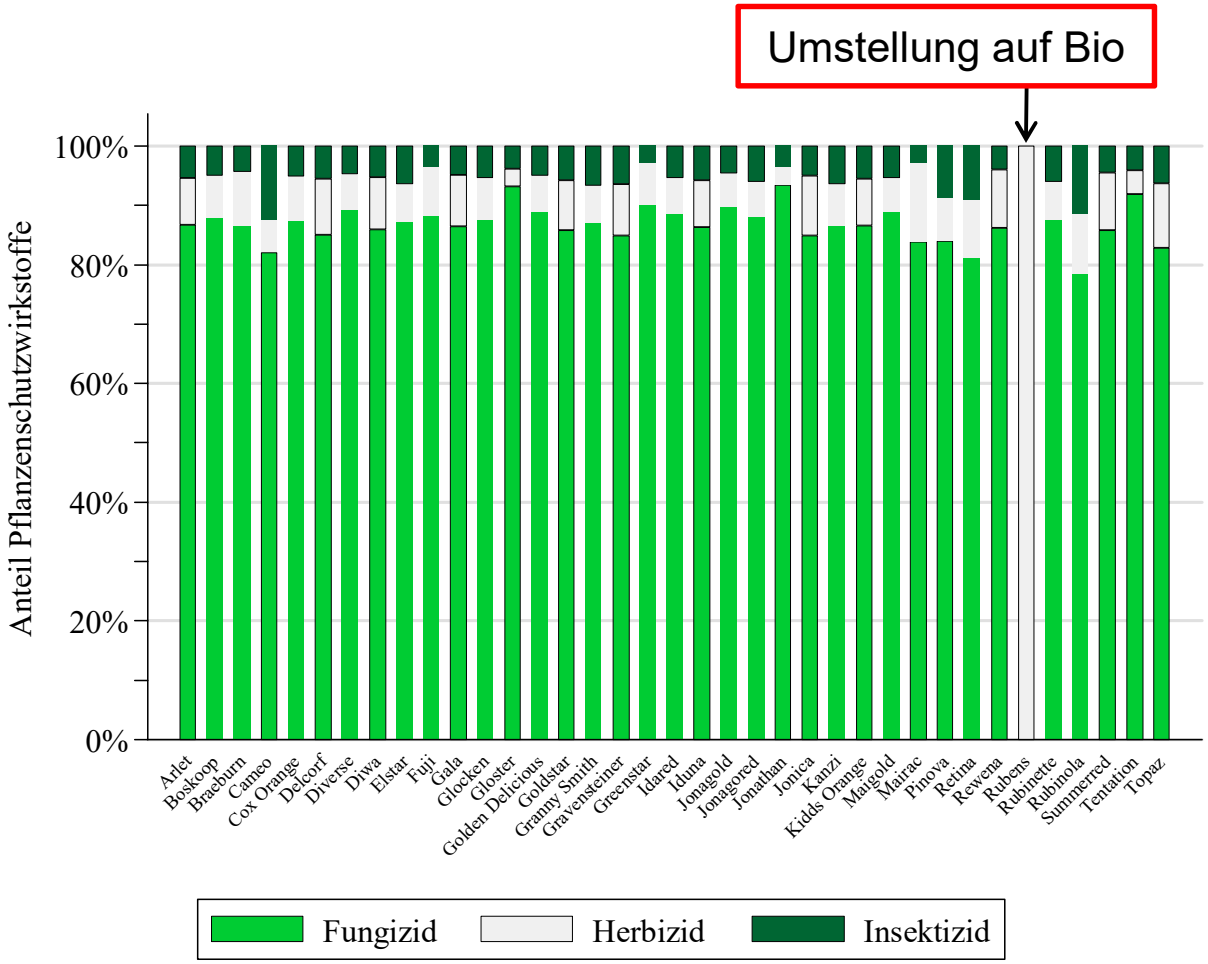
Abteilung Forschung und Entwicklung



Anteile Wirkstofftypen pro Sorte

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Gesamtanbauflächen in Hektaren

Deskriptive Statistiken zu den Gesamtanbauflächen in Hektare

	Jahr	Golden Delicious	Gala	Maigold	Jonagold	Braeburn	Sonstige	Total Fläche
Jahresmittelwerte	2014	13.33	24.37	1.16	8.41	14.31	54.19	115.77
	2013	12.56	23.95	1.16	7.90	13.96	52.11	111.64
	2012	12.51	28.70	1.95	8.54	14.44	54.94	121.07
	2011	12.38	20.02	4.24	5.85	15.04	54.77	112.30
	2010	19.33	25.73	7.25	6.75	15.39	61.43	135.89
	2009	24.10	35.23	7.18	5.87	20.87	63.26	156.50
	2008	26.70	34.27	7.62	6.39	17.29	62.95	155.23
	2007	24.43	33.47	9.99	6.69	16.10	55.20	145.89
	2006	28.88	32.93	10.06	10.35	11.49	56.66	150.38
	2005	27.58	28.40	8.67	10.65	7.64	54.07	137.01
	2004	22.15	20.34	8.50	8.38	3.61	38.23	101.21
	2003	20.92	17.58	8.80	7.87	2.90	33.38	91.45
	2002	23.71	18.24	9.77	8.71	2.20	37.32	99.95
	2001	27.06	18.37	10.49	11.78	1.88	44.94	114.53
	2000	28.55	14.58	8.73	16.35	0.84	70.80	139.85
	1999	21.84	11.06	8.44	9.95	0.55	67.14	118.98
	1998	19.06	4.69	7.95	9.53		64.18	105.41
	1997	15.44	4.50	5.76	8.66		60.12	94.48
Mittelwert		21.14	22.03	7.09	8.81	9.91	54.76	122.64
Median		22.00	22.15	8.20	8.48	12.73	55.07	117.38
Min.		12.38	4.50	1.16	5.85	0.55	33.38	91.45
Max.		28.88	35.23	10.49	16.35	20.87	70.80	156.50

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt deskriptive Statistiken bezüglich der Anbauflächen auf Gesamtebene der fünf bezüglich Anbaufläche dominierenden sowie der übrigen Apfelsorten. Apfelsorten sind sortiert nach Anbaufläche in absteigender Reihenfolge.

Sortenquartierflächen in Hektaren

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

Deskriptive Statistiken zu den Sortenquartierflächen in Hektare

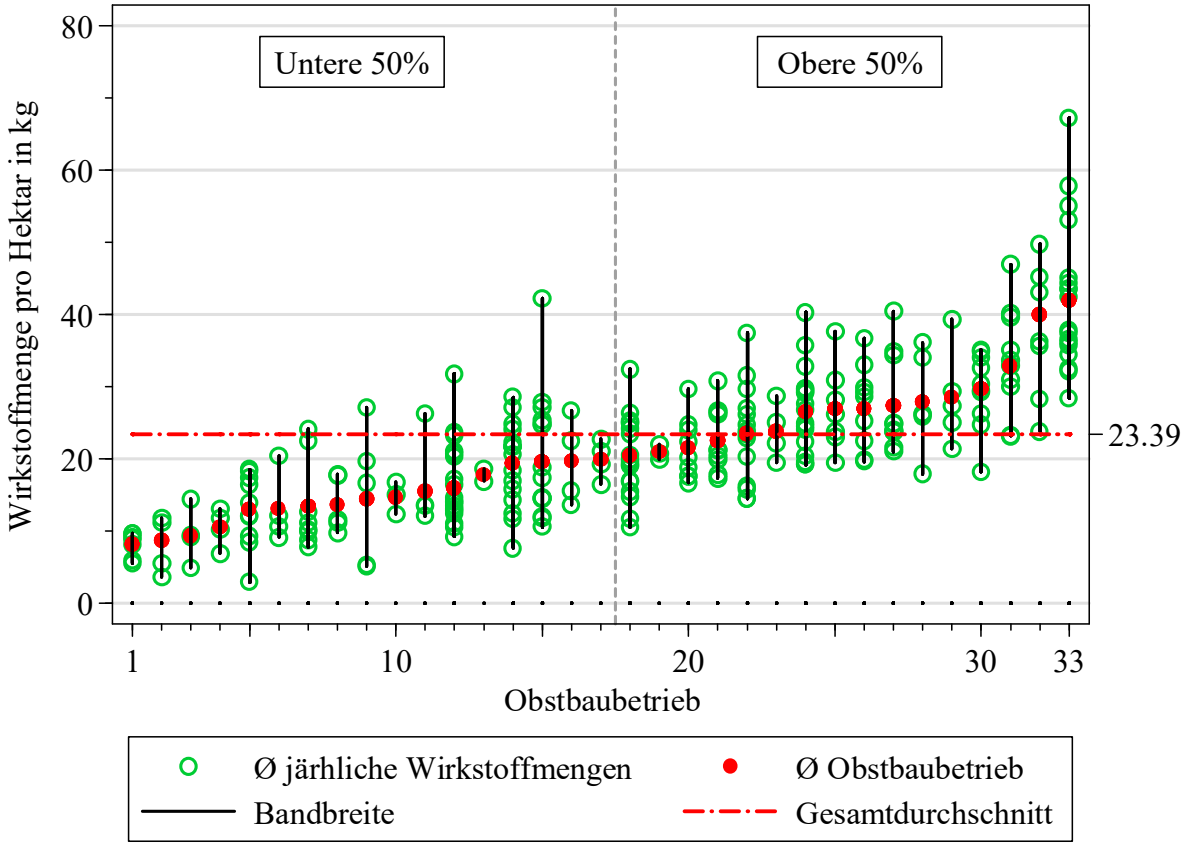
	Jahr	Golden Delicious	Gala	Maigold	Jonagold	Braeburn	Sonstige	Total
Jahresmittelwerte	2014	0.267	0.364	0.386	0.366	0.333	0.298	0.315
	2013	0.267	0.386	0.386	0.359	0.332	0.285	0.311
	2012	0.250	0.422	0.325	0.371	0.336	0.288	0.318
	2011	0.258	0.323	0.303	0.344	0.342	0.279	0.295
	2010	0.302	0.353	0.345	0.321	0.350	0.277	0.305
	2009	0.339	0.452	0.359	0.309	0.454	0.309	0.356
	2008	0.334	0.457	0.331	0.319	0.393	0.265	0.323
	2007	0.330	0.471	0.344	0.267	0.403	0.249	0.316
	2006	0.357	0.457	0.335	0.323	0.311	0.245	0.311
	2005	0.383	0.507	0.377	0.344	0.294	0.289	0.347
	2004	0.471	0.550	0.405	0.419	0.328	0.313	0.392
	2003	0.523	0.586	0.440	0.437	0.362	0.303	0.405
	2002	0.439	0.493	0.444	0.396	0.314	0.244	0.339
	2001	0.423	0.483	0.437	0.406	0.313	0.250	0.336
	2000	0.366	0.339	0.312	0.348	0.280	0.244	0.286
	1999	0.317	0.395	0.338	0.284	0.275	0.237	0.269
	1998	0.303	0.247	0.318	0.280		0.234	0.254
	1997	0.303	0.281	0.303	0.309		0.243	0.262
Mittelwert		0.346	0.420	0.360	0.345	0.339	0.270	0.319
Median		0.332	0.437	0.345	0.344	0.333	0.271	0.316
Min.		0.250	0.247	0.303	0.267	0.275	0.234	0.254
Max.		0.523	0.586	0.444	0.437	0.454	0.313	0.405

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt deskriptive Statistiken bezüglich der Anbauflächen auf Ebene Sortenquartier der fünf bezüglich Anbaufläche dominierenden sowie der übrigen Apfelsorten. Apfelsorten sind sortiert gemäss Tabelle 2-1.

Ausgebrachte Wirkstoffe pro Hektar

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Charakteristiken der Obstbaubetriebe

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

Vergleich zwischen den oberen und unteren 50 Prozent der Betrieben

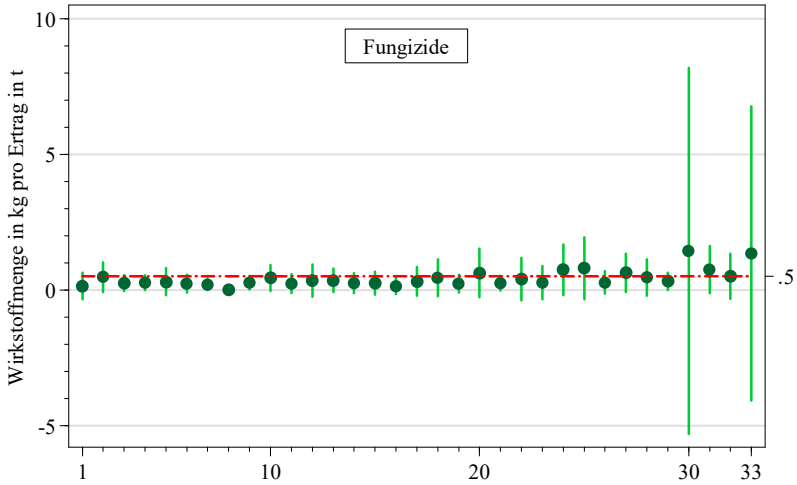
		Untere 50% (niedrige Intensität)				Obere 50% (hohe Intensität)				
		Mittelw.	Std.abw.	Min.	Max.	Mittelw.	Std.abw.	Min.	Max.	Differenz
		(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)
Fläche Top 5 Sorten in m^2	Golden Del.	2,645.4	88.7	72	11,400	3,907.7	109.8	220	18,000	-1,262.3***
	Gala	2,930.1	100.1	90	12,700	5,427.5	192.4	200	23,974	-2,497.4***
	Maigold	2,813.6	180.3	400	6,300	3,877.1	132.5	600	10,732	-1,063.5***
	Jonagold	2,267.0	103.0	280	6,292	4,251.5	137.1	570	9,900	-1,984.5***
	Braeburn	3,101.2	128.9	550	9,016	3,822.7	176.6	220	13,397	-721.5***
Standjahr		8.52	0.10	4	15	9.35	0.08	4	15	-0.83***
Ertrag/ha		33.81	0.51	1.19	101.40	35.64	0.39	0.25	134.07	-1.83***
Erlös/ha		26,616.0	476.4	0.0	86,551.9	27,013.8	329.5	0.0	86,225.1	-397.8
Preis (Erlös/Ertrag)		852.8	11.5	0.0	2,487.9	798.5	7.7	0.0	5,608.1	54.3***
Kosten Pflanzenschutz		130.3	2.9	0.1	1,977.1	201.4	3.2	0.0	2,399.4	-71.0***
Pflanzendichte		2,458.5	17.4	1500.3	3,868.5	2,422.4	12.9	1,534.9	3,984.0	36.0**
Arbeitseinkommen		19.29	0.90	-144.31	162.70	21.21	0.65	-93.38	208.74	-1.92**
Stundenaufwand/ha		542.5	12.0	1.7	1281.0	506.3	6.6	11.3	1,401.3	36.2***
Investitionskosten/ha		394.6	18.4	-267.4	6,465.6	325.5	14.1	-1,866.0	5,925.1	69.11***
Maschinenkosten		30.43	0.31	10.47	59.10	27.62	0.20	9.81	54.69	2.81***

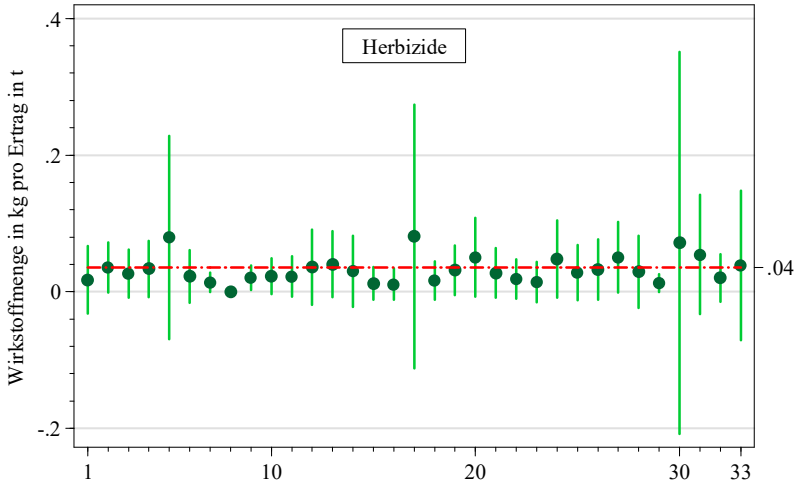
Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt deskriptiven Statistiken zur Stickprobe für die Periode 1997 bis 2014 der unteren (Spalte 1 bis 4) und oberen (Spalte 5 bis 8) Hälfte an Obstbaubetrieben in Bild XX. *Std.abw.* ist die Standardabweichung des Mittelwerts, d.h. welcher sich aus der Division der Standardabweichung und der Wurzel der Anzahl Beobachtungen ergibt. *Ertrag/ha* ist in Tonnen gemessen. *Arbeitseinkommen* ist pro Arbeitskraftstunde in Franken. *Stundenaufwand* ist der Gesamtstundenaufwand pro Hektar. *Maschinenkosten* sind die durchschnittlichen Maschinenkosten pro Stunden. Alle finanziellen Angaben sind in Schweizer Franken. Spalte 9 zeigt das Resultat einseitiger ungepaarter *t*-Tests der Mittelwerte zwischen der unteren und oberen Hälfte an Betrieben (Spalte 1 und 5). Sterne *** indizieren eine Signifikanz auf 1 Prozent Stufe, ** auf 5 Prozent Stufe und * auf 10 Prozent Stufe der einseitigen ungepaarten *t*-Tests.

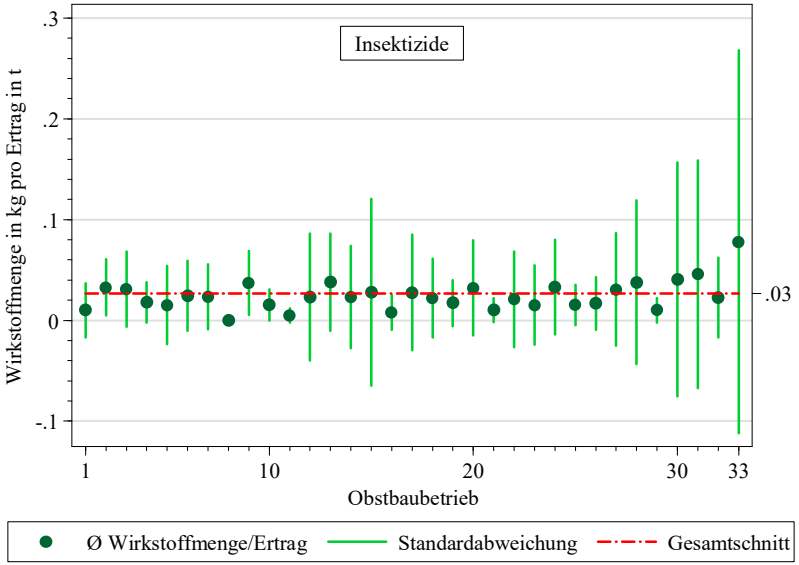
Fungizid-, Herbizid- und Insektizid – Wirkstoff

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



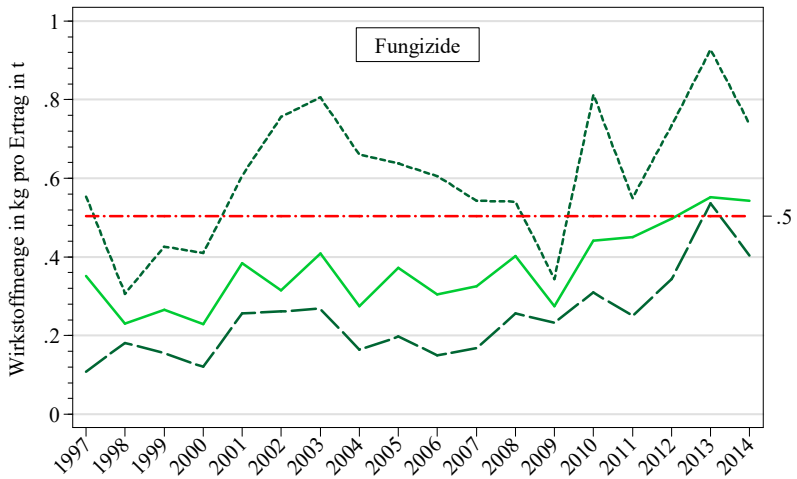


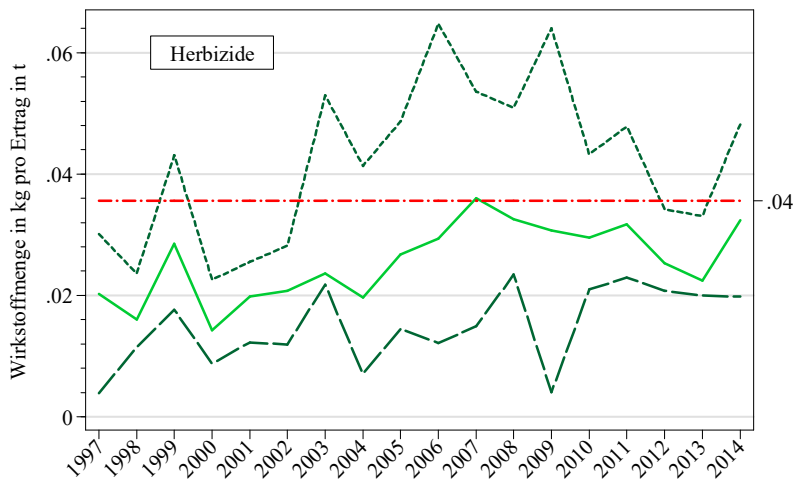


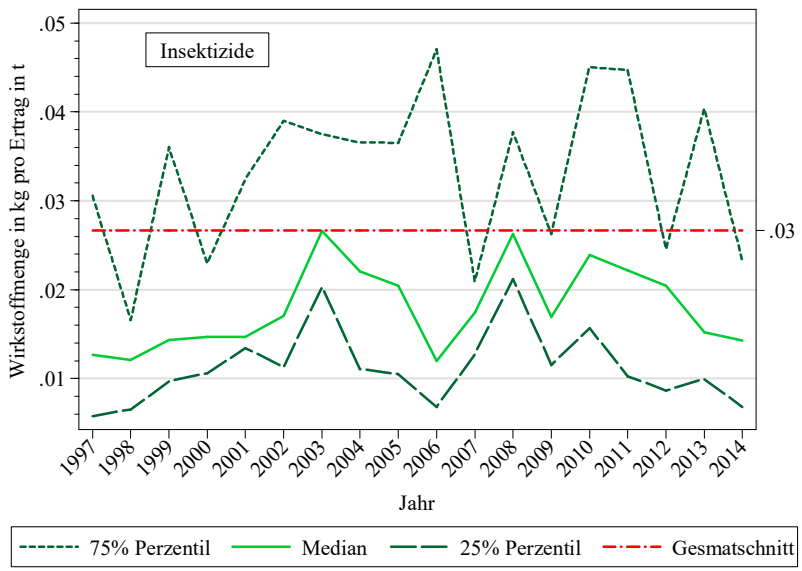
Fungizid-, Herbizid- und Insektizid – Verlauf

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



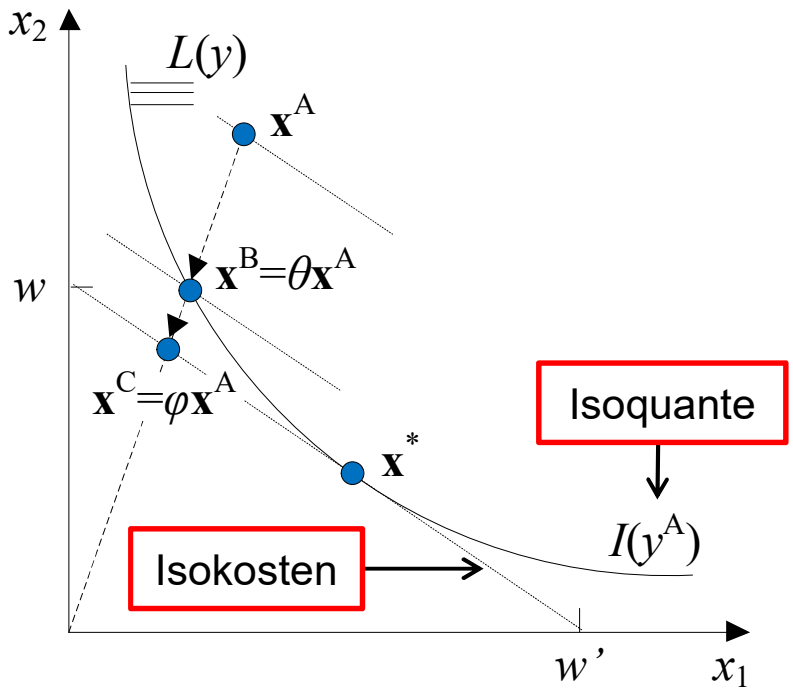




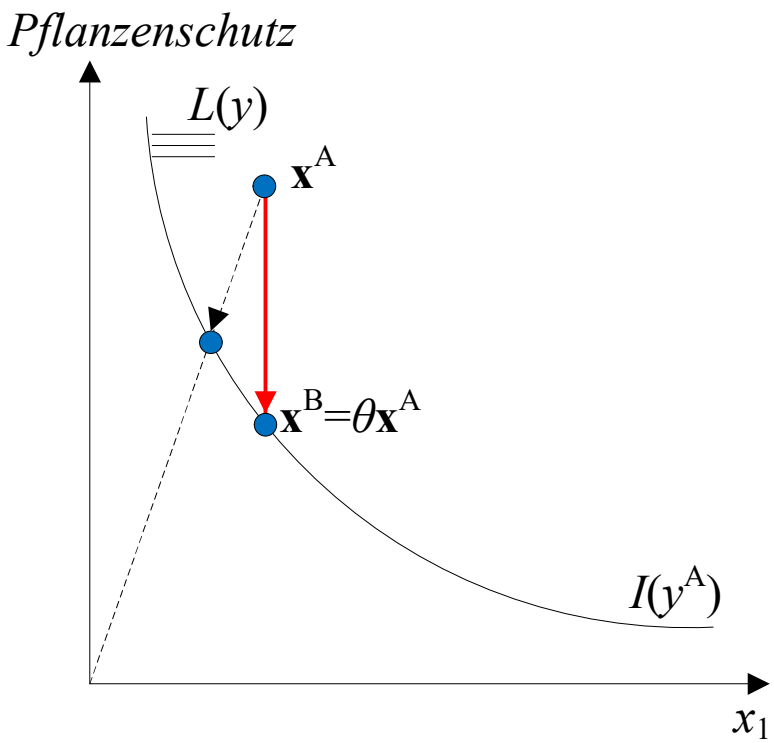
Konzept der Input-spezifischen Effizienz

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Totale produktive Effizienz (radial)



Input-spezifische Effizienz (nicht radial)

Modellparameter

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

$$PS = f\left(Y, X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_9, X_{10}, D_S, T\right)$$

- Pflanzenschutzwirkstoff/ha (*PS*)
- Ertrag in t/ha (*Y*)
- Totale Betriebsfläche in ha (X_1)
- Pflanzendichte/ha (X_2)
- Ø Anwendungskosten/ha Pflanzen-schutz (X_3)
- Total Arbeitsstunden/ha (X_4)
- Ernteleistung (X_5)
- Maschinenkosten (X_6)
- Ø Investitionsbetrag/ha des Betriebs (X_7)
- Standjahr (X_8)
- Anteil Arbeit Ernte an Total/ha (X_9)
- Anteil Arbeit Pflanzenschutz an Total/ha (X_{10})
- Top-5 Sorten FE (D_S)
- Zeittrend (*T*)

Pitt & Lee Model – [Pitt and Lee (1981)]

$$\boxed{-\ln PS_{it} = \alpha + \beta y_{it} + \boldsymbol{\beta}'\mathbf{x}_{it} + u_i + v_{it}}$$

- Unbeobachtete Heterogenität $v_{it} \sim \text{i.i.d.}\, N\left(0, \sigma_v^2\right)$
- Zeit-konstante Ineffizienz $u_i \sim \text{i.i.d.} \left| N\left(0, \sigma_u^2\right) \right|$

➔ Misst ausschliesslich die Betriebs- und Sortenquartierspezifische Ineffizienz, d.h. die **persistente Ineffizienz**

➔ Sämtliche unbeobachtete Heterogenität wird zur Ineffizienz gezählt, deshalb Mundlak Terme

➔ (Verweis auf Grafik Pestizidanwendung über die Zeit)

Funktionale Form der Input Distance Function

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

Modell 1:

$$-\ln PS = \alpha + \beta_y \ln Y + \sum_{q=1}^{4} \beta_q \ln X_q + T + T^2 + u + v$$

Modell 2:

$$-\ln PS = \alpha + \beta_y \ln Y + \sum_{q=1}^{8} \beta_q \ln X_q + \sum_{r=9}^{10} \beta_r X_r + T + T^2 + u + v$$

Modell 3:

$$-\ln PS = \alpha + \beta_y \ln Y + \sum_{q=1}^{8} \beta_q \ln X_q + \sum_{r=9}^{10} \beta_r X_r + D_s + T + T^2 + u + v$$

Modell 4:

$$-\ln PS = \alpha + \beta_y \ln Y + \sum_{q=1}^{8} \beta_q \ln X_q + \sum_{r=9}^{10} \beta_r X_r + D_s + T + T^2 + \sum_{q=1}^{8} \gamma_q \overline{\ln X}_q + \sum_{r=9}^{10} \gamma_r \overline{X}_r + u + v$$

Deskriptive Statistiken der Variablen

	Mittelw.	Std.abw.	Q_{25}	Q_{50}	Q_{75}
Pflanzenschutzwirkstoff/ha (*PS*)	31.87	31.42	15.19	24.56	36.08
Ertrag in kg/ha (*Y*)	34,060	17,150	20,784	32,308	45,363
Totale Betriebsfläche in ha (X_1)	9.081	5.427	6.556	8.069	11.892
Pflanzendichte/ha (X_2)	2,382.2	512.9	2,058.3	2,292.0	2,724.2
Ø Anwendungskosten /ha Pflanzenschutz (X_3)	83.85	110.81	23.39	52.50	96.56
Total Arbeitsstunden/ha (X_4)	225.75	325.67	0.00	0.00	436.10
Ernteleistung (X_5)	121.38	47.96	94.43	115.27	138.76
Maschinenkosten (X_6)	29.65	8.72	23.01	29.82	35.99
Ø Investitionsbetrag/ha des Betriebs (X_7)	480.59	1,006.46	0.00	0.00	471.43
Standjahr (X_8)	8.89	3.28	6.00	9.00	11.00
Anteil Arbeit Ernte an Total/ha (X_9)	0.540	0.162	0.431	0.554	0.659
Anteil Arbeit Pflanzenschutz an Total/ha (X_{10})	0.060	0.051	0.031	0.044	0.070

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die (mit Ausnahme von X_1 und X_{10}) Sortenquartier-spezifischen deskriptiven Statistiken der Variablen der Regressionsanalysen. Die Statistiken basieren auf der vollen Stichprobe.

Schätzresultate

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

	Modell 1		Modell 2		Modell 3		Modell 4	
Ertrag in t/ha (Y)	0.016	(0.029)	0.608***	(0.148)	0.609***	(0.144)	0.591***	(0.144)
Fläche in ha (X_1)	-0.035	(0.040)	-0.016	(0.039)	-0.066	(0.082)	-0.063	(0.082)
Pflanzendichte/ha (X_2)	0.152	(0.114)	0.121	(0.108)	-0.036	(0.109)	-0.019	(0.109)
Ø Anwendungskosten /ha Pflanzenschutz (X_3)	-0.315 ***	(0.014)	-0.304***	(0.013)	-0.256***	(0.016)	-0.255***	(0.016)
Total Arbeitsstunden/ha (X_4)	0.059	(0.037)	-0.466***	(0.150)	-0.455***	(0.147)	-0.438***	(0.146)
Ernteleistung (X_5)			-0.558***	(0.147)	-0.569***	(0.144)	-0.549***	(0.143)
Maschinenkosten (X_6)			0.022	(0.047)	0.144***	(0.054)	0.141***	(0.054)
Ø Investitionsbetrag/ha (X_7)			-0.004	(0.017)	-0.015	(0.019)	-0.012	(0.019)
Standjahr (X_8)			0.023***	(0.005)	0.014***	(0.005)	0.010*	(0.005)
Anteil Arbeit Ernte an Total/ha (X_9)			-1.259***	(0.311)	-1.433***	(0.307)	-1.394***	(0.305)
Anteil Arbeit Pflanzenschutz an Total/ha (X_{10})			1.980***	(0.332)	0.748**	(0.341)	0.736**	(0.339)
T	-0.013	(0.011)	-0.029***	(0.011)	-0.024**	(0.012)	-0.022*	(0.012)
T^2	0.001	(0.001)	0.001	(0.001)	0.001**	(0.001)	0.001**	(0.001)
Konstante	2.180***	(0.885)	2.654***	(0.902)	-0.719	(1.433)	-0.817	(1.421)
Mundlak Terme	Nein		Nein		Ja		Ja	
Top-5 Sorte FE	Nein		Nein		Nein		Ja	
$\lambda = \sigma_u / \sigma_v$	1.799***	(0.037)	1.697***	(0.035)	1.326***	(0.030)	1.317***	(0.030)
Log Likelihood	-1,228.6		-1,192.1		-1,106.5		-1,097.8	
Pseudo R^2	0.317		0.371		0.506		0.512	
N	1,904		1,904		1,904		1,904	

* $p < 0.10$, ** $p < 0.05$, *** $p < 0.01$; Robuste Standardfehler auf Betriebsebene in Klammern

Geschätzte Effizienzen — Total

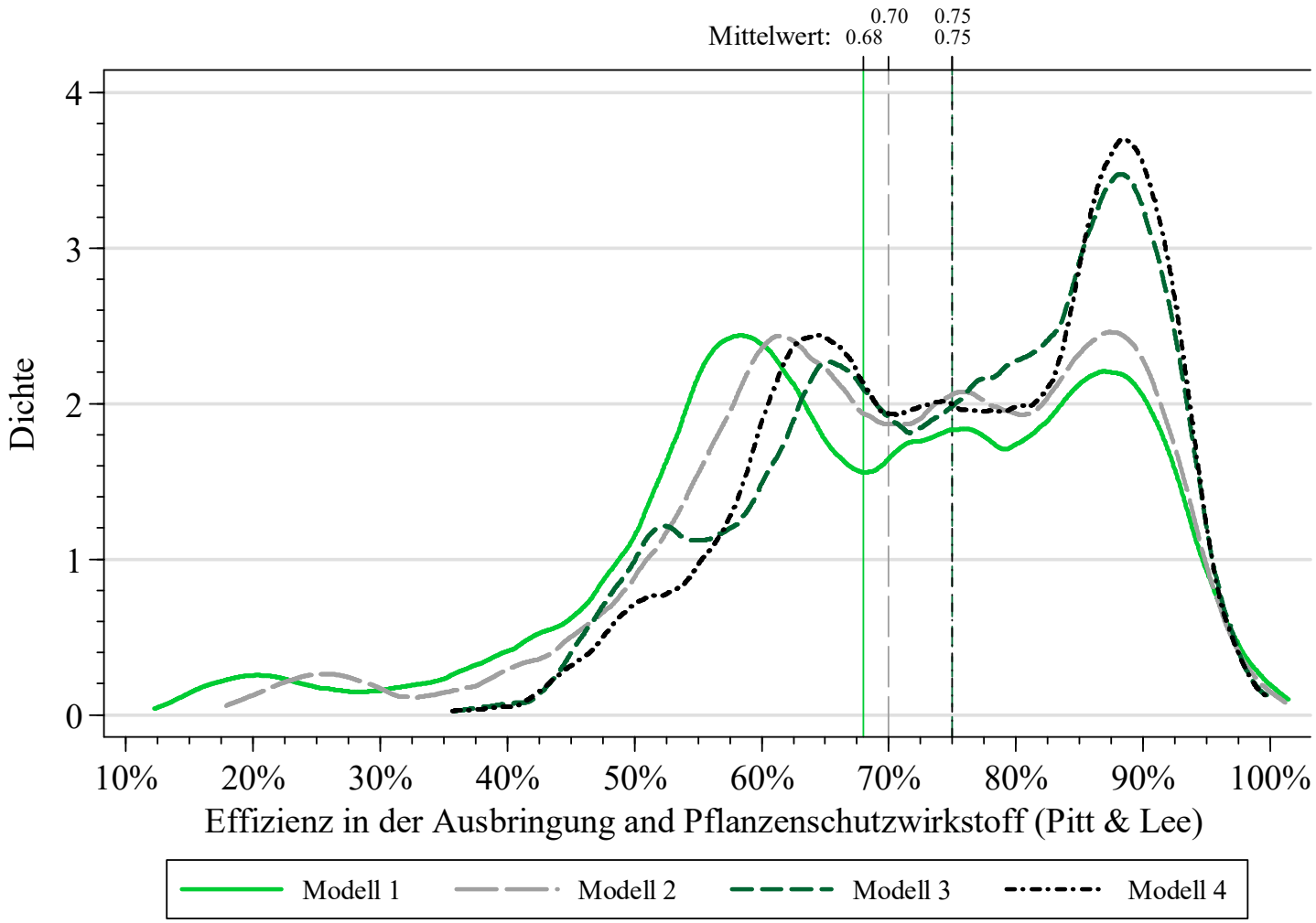
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Mean	0.684	0.706	0.750	0.754
Min	0.157	0.210	0.384	0.383
Max	0.980	0.980	0.975	0.971
Std.dev.	0.173	0.159	0.135	0.132
25% Pc.	0.573	0.605	0.645	0.645
Median	0.695	0.719	0.774	0.766
75% Pc.	0.839	0.847	0.876	0.881

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken zu den Kosteneffizienzschätzungen des Pitt & Lee Modells. Die Statistiken basieren auf der kompletten Stichprobe.

Geschätzte Ineffizienzen — Total

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Vergleich zwischen Wirkstofftypen

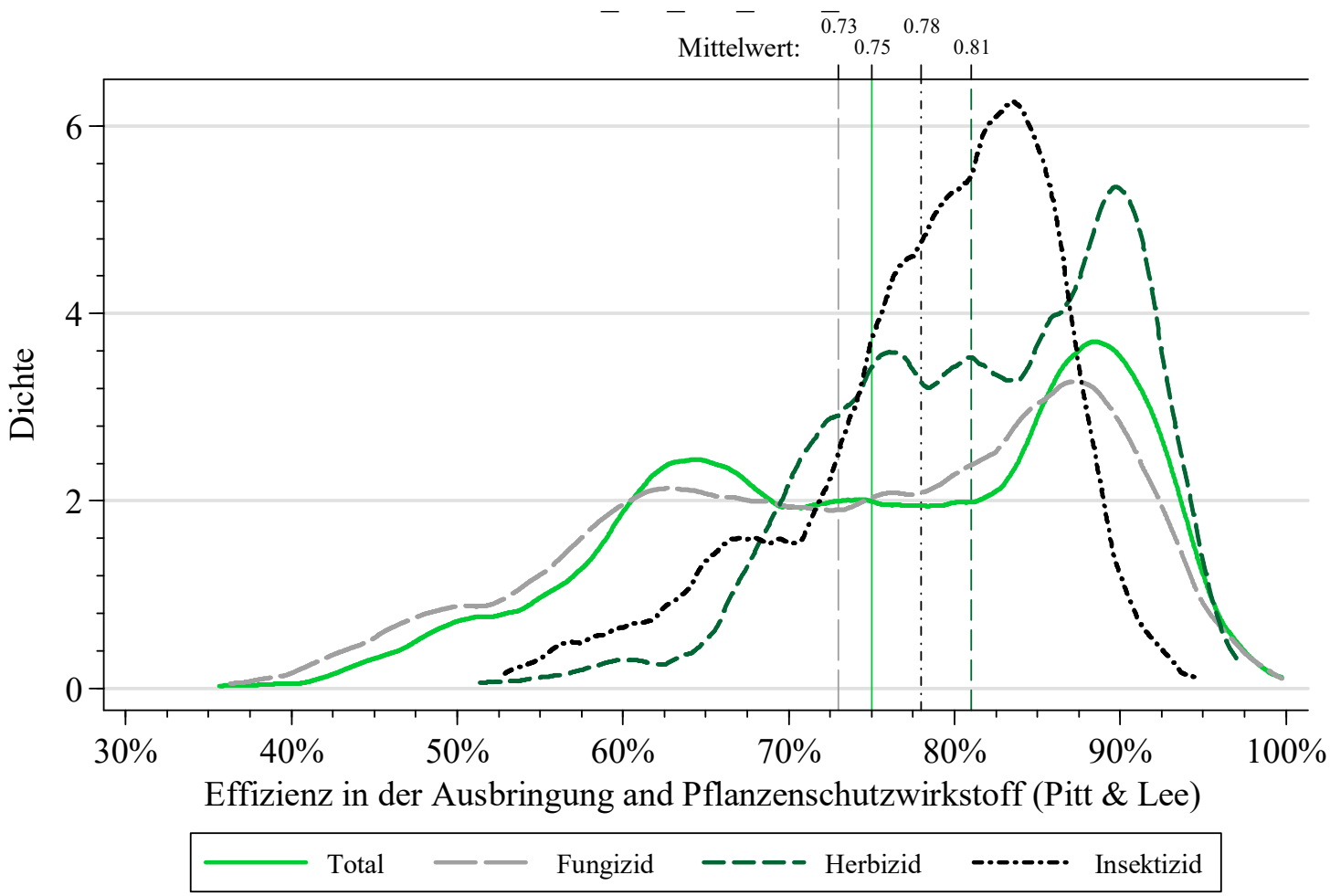
	Total	Fungizid	Herbizid	Insektizid
	Modell 4	Modell 4	Modell 4	Modell 4
Mean	0.754	0.738	0.817	0.784
Min	0.383	0.390	0.533	0.544
Max	0.971	0.971	0.954	0.930
Std.dev.	0.132	0.137	0.084	0.078
25% Pc.	0.645	0.625	0.758	0.743
Median	0.766	0.756	0.829	0.800
75% Pc.	0.881	0.858	0.889	0.842

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken zu den Kosteneffizienzschätzungen des Pitt & Lee Modells. Die Statistiken basieren auf der kompletten Stichprobe.

Vergleich geschätzte Ineffizienzen

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

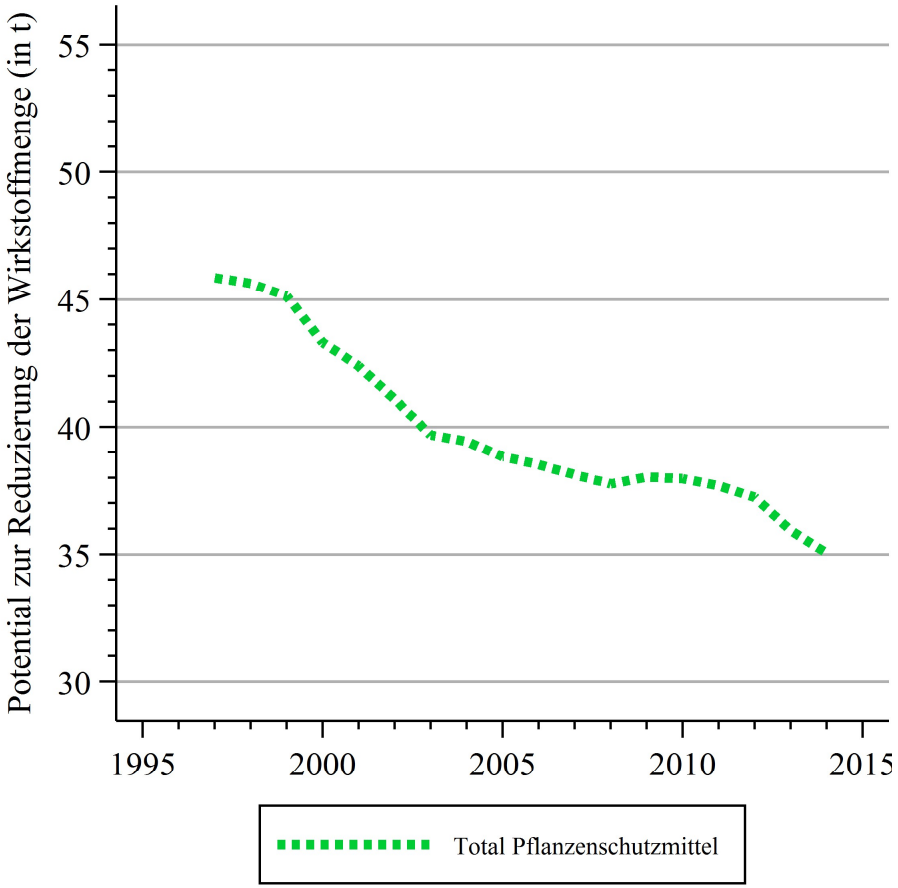


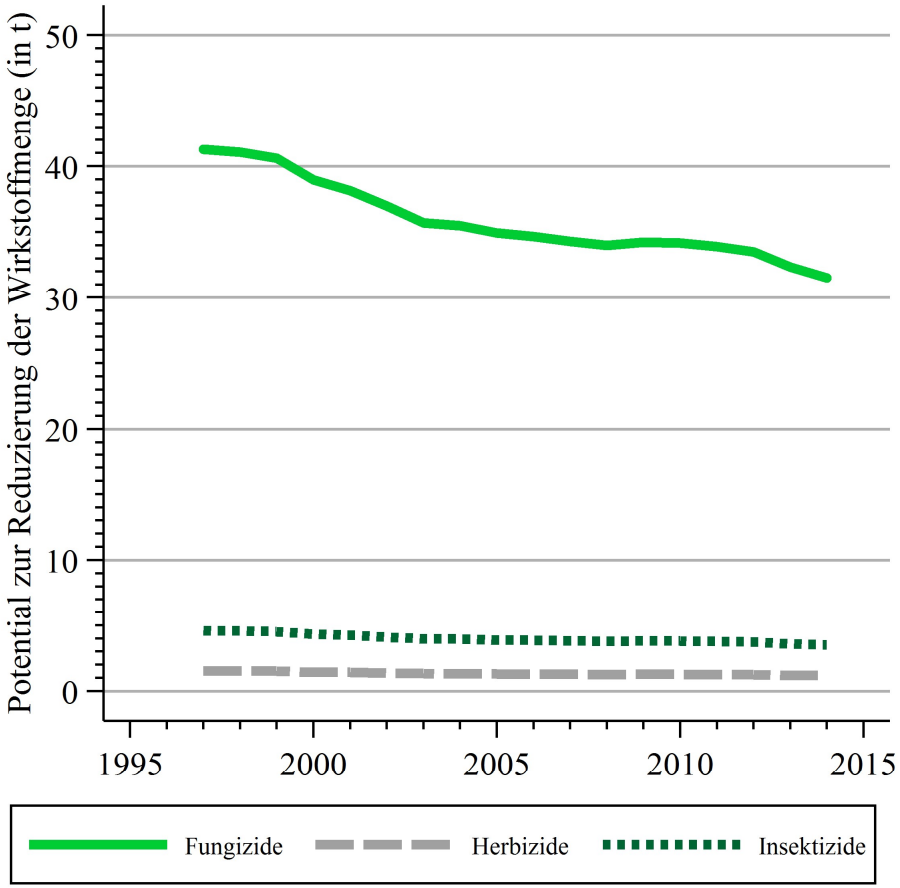
Durchschnittliche Einsparungspotentiale

	Fungizide		Herbizide		Insektizide		Total	
	Menge Reduktion	Effizienz	Menge Reduktion	Effizienz	Menge Reduktion	Effizienz	Menge Reduktion	Effizienz
Golden Delicious	7.1	28.3	0.3	18	0.3	21.5	7.5	26.5
Gala	7.1	24.4	0.4	14	1.1	20	8.3	22.2
Maigold	8.7	26.2	0.3	20.7	0.7	21.6	9.7	24.8
Jonagold	6.1	27.5	0.3	18.2	0.2	21.4	6.5	26.2
Braeburn	7.9	27.4	0.2	10.7	1.2	20	9	25.4
Sonstige	8.6	25.9	0.3	19.2	1	22	9.7	24.4
Mittelwert	8.1	26.2	0.3	18.3	0.9	21.6	9	24.6

Gesamtschweizerische Einsparungspotentiale

Kalaidos Fachhochschule Schweiz
Abteilung Forschung und Entwicklung





Fazit (vorläufig)

Kalaidos Fachhochschule Schweiz
Abteilung Forschung und Entwicklung

- **Signifikante Potentiale zur Reduktion** des Pflanzenschutz-mitteleinsatzes durch Effizienzsteigerungen (25 Prozent), jedoch relativ hohe Heterogenität in den beobachteten Effizienzwerten
- **Fungizideinsatz dominiert** den Gesamteffekt (höchste Ineffizienz unter gleichzeitig grösster Ausbringungsmenge)
- Pflanzenschutzmittelgesamteinsparungspotentiale im **Schnitt bei 9 kg** Wirkstoff pro ha (Fungizide 90% / Herbizide 2% / Insektizide 8%)
- Vorläufige Abschätzung der **gesamtschweizerischen Effekte** ergibt Reduktionspotential von 35 t beim Apfelobstbau

Ausblick

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung

(a) Analyse der Ineffizienzen unter Berücksichtigung des phänologischen Entwicklungsstadiums der Apfelbäume (BBCH)

(b) Abschätzung der Effizienzsteigerungspotentiale unter Berücksichtigung der Wirksamkeit und ökologischen Verträglichkeit der Pflanzenschutzmittel

(c) Ermittlung der potentiellen Effekten regulatorischer Eingriffe (Besteuerung, Mengenbeschränkungen oder Verbote) auf Allokationsentscheidungen bei der Anwendung von Pflanzenschutzmitteln

(d) Schätzung der transienten Effizienz mittels parametrischer Frontiermethoden

(e) Welche betrieblichen Kosten und Nutzen sind bei einer Umstellung auf biologische Produktion zu erwarten?

Backup

Geschätzte Effizienzen — Fungizide

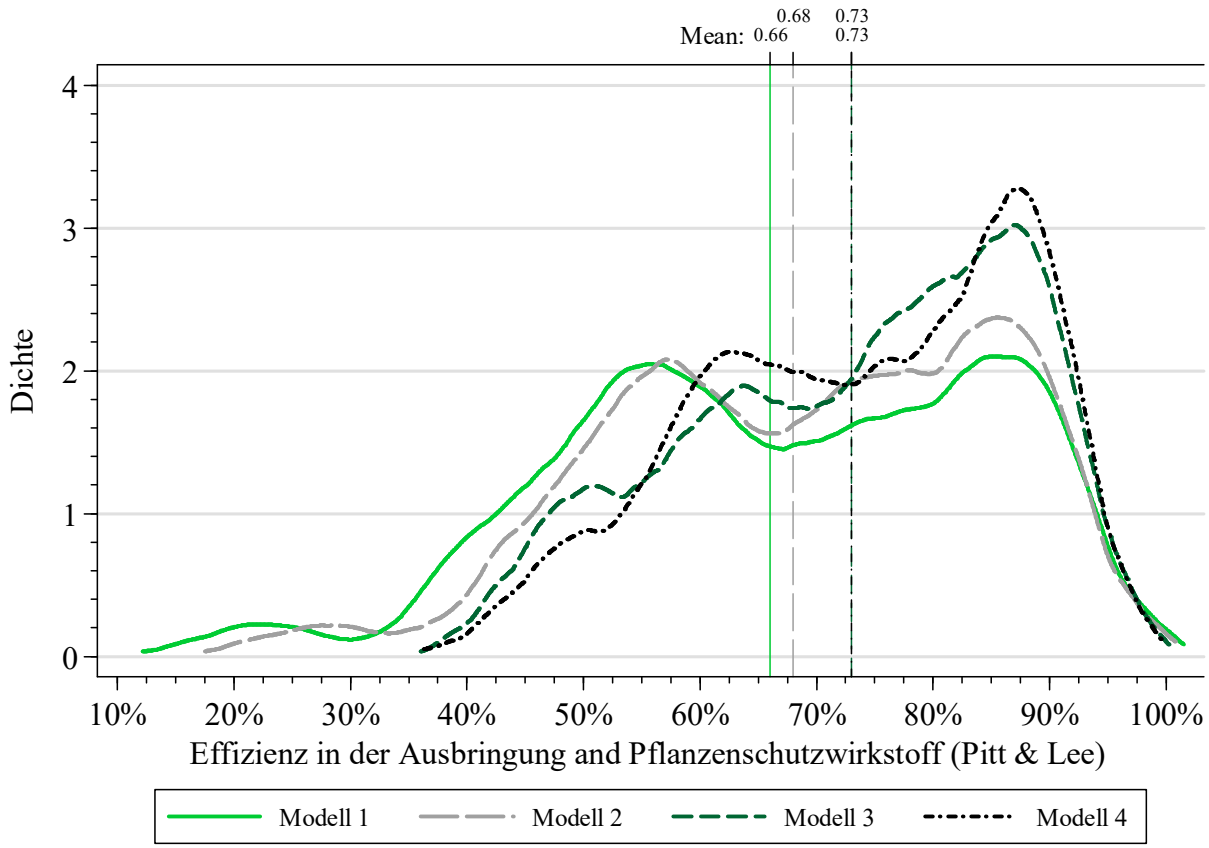
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Mean	0.667	0.688	0.732	0.738
Min	0.157	0.208	0.388	0.390
Max	0.980	0.979	0.974	0.971
Std.dev.	0.178	0.164	0.142	0.137
25% Pc.	0.533	0.565	0.615	0.625
Median	0.671	0.711	0.762	0.756
75% Pc.	0.831	0.833	0.855	0.858

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken zu den Kosteneffizienzschätzungen des Pitt & Lee Modells. Die Statistiken basieren auf der kompletten Stichprobe.

Geschätzte Ineffizienzen — Fungizide

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Geschätzte Effizienzen — Herbizide

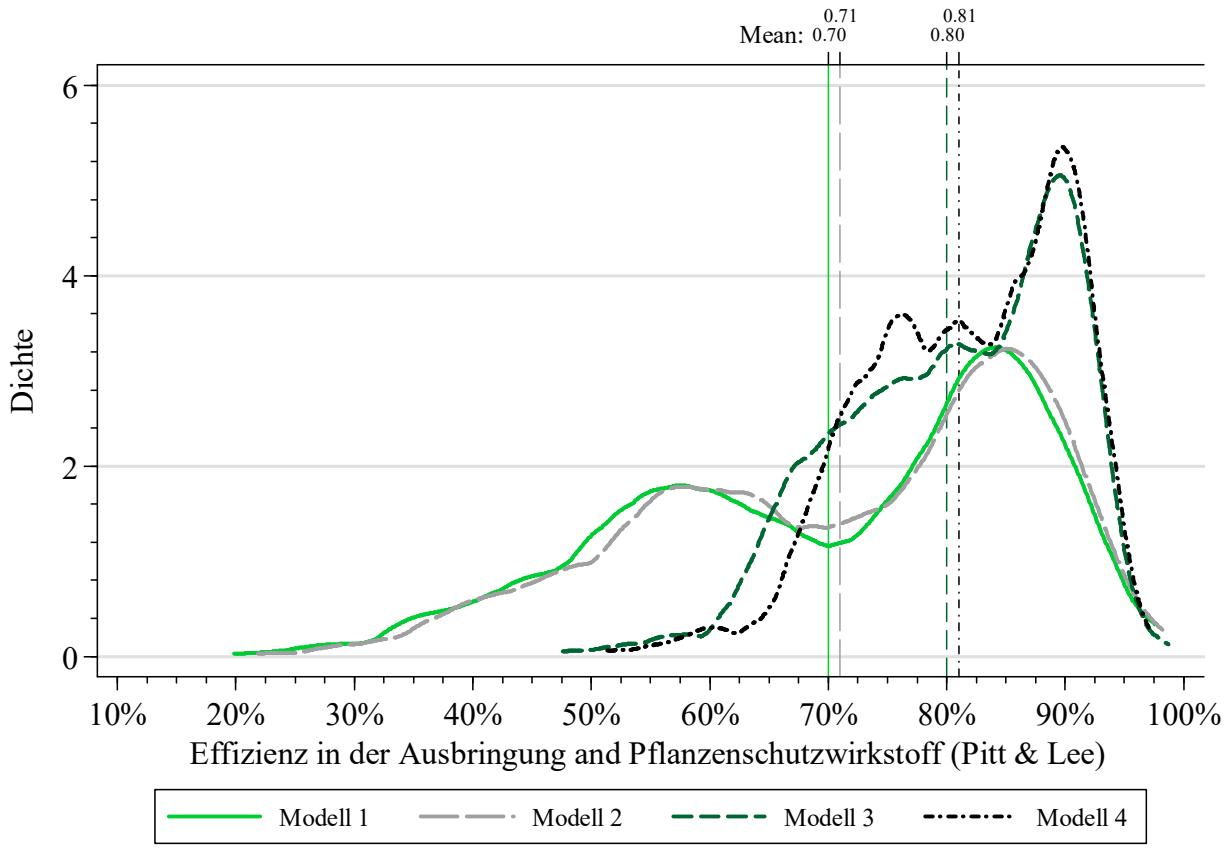
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Mean	0.706	0.715	0.807	0.817
Min	0.236	0.255	0.497	0.533
Max	0.939	0.946	0.966	0.954
Std.dev.	0.163	0.159	0.093	0.084
25% Pc.	0.572	0.589	0.737	0.758
Median	0.754	0.755	0.821	0.829
75% Pc.	0.847	0.853	0.891	0.889

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken zu den Kosteneffizienzschätzungen des Pitt & Lee Modells. Die Statistiken basieren auf der kompletten Stichprobe.

Geschätzte Ineffizienzen — Herbizide

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Geschätzte Effizienzen — Insektizide

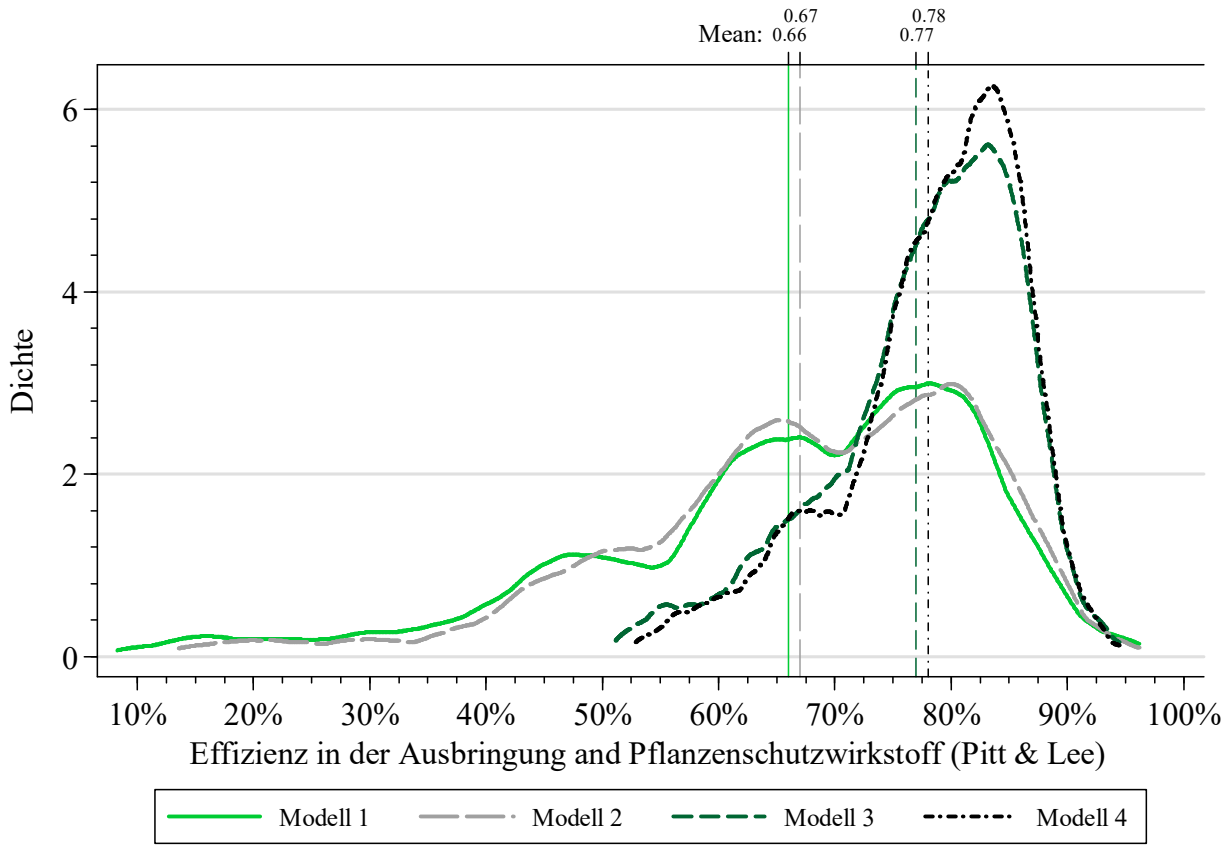
	Modell 1	Modell 2	Modell 3	Modell 4
Mean	0.660	0.673	0.776	0.784
Min	0.114	0.164	0.527	0.544
Max	0.931	0.933	0.928	0.930
Std.dev.	0.164	0.151	0.083	0.078
25% Pc.	0.576	0.597	0.733	0.743
Median	0.695	0.694	0.792	0.800
75% Pc.	0.780	0.787	0.839	0.842

Anmerkungen: Diese Tabelle zeigt die deskriptiven Statistiken zu den Kosteneffizienzschätzungen des Pitt & Lee Modells. Die Statistiken basieren auf der kompletten Stichprobe.

Geschätzte Ineffizienzen — Insektizide

Kalaidos Fachhochschule Schweiz

Abteilung Forschung und Entwicklung



Gepooltes Modell

$$\boxed{\ln PS_{it} = \alpha + \beta y_{it} + \boldsymbol{\beta}' \mathbf{x}_{it} + u_{it} + v_{it}}$$

- Unbeobachtete Heterogenität $v_{it} \sim \text{i.i.d.} N\left(0, \sigma_v^2\right)$
- Zeitvariate Ineffizienz $u_{it} : \text{i.i.d.} \left| N\left(0, \sigma_u^2\right) \right|$

➔ Misst die Jahres-, Betriebs- und Sortenquartierspezifische Ineffizienz, d.h. die **transiente Ineffizienz**

➔ Macht kein Gebrauch der Within Variation (d.h. der Panel Struktur)