Treffen von Entscheidungen bei unvollkommener Information

Beispiele für Entscheidungsprozesse

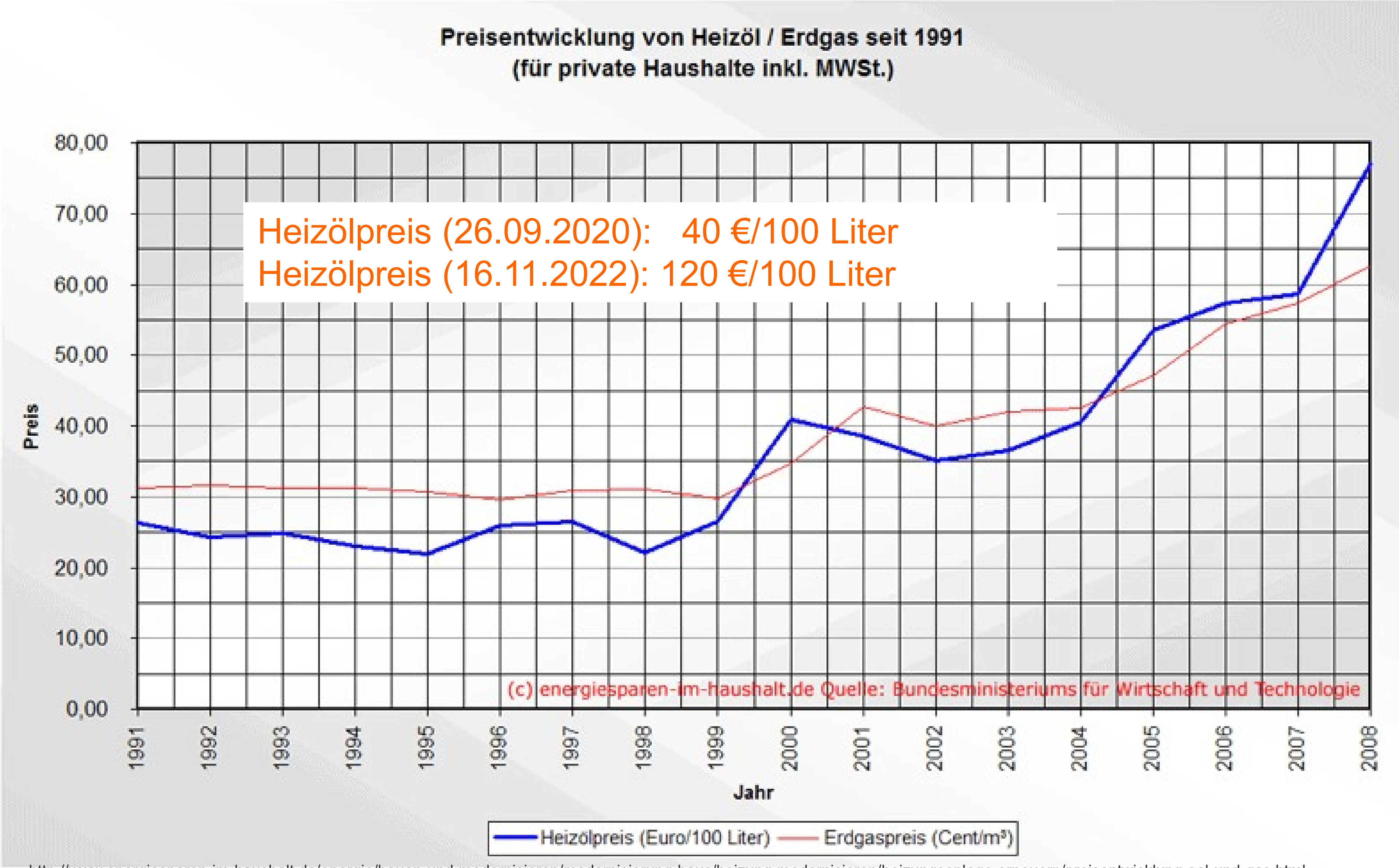
- Standortsuche
- Einstellung von Personal
- Fusion oder Unternehmenskauf

BMW kauft Rover und trennt sich wieder von der Marke

- Aufnahme eines neuen Produktes
- Änderung der Rechtsform

Entscheidungen bei unvollkommener Information treffen

- Geht das überhaupt?
- Werden die Entscheidungen „aus dem Bauch heraus getroffen“?
- Ich kann doch nicht in die Zukunft blicken – das haben Menschen zwar immer wieder versucht (Kaffeesatz, Vogelflug, Spielkarten, aus der Hand lesen …) – „das ist doch Quatsch“!
- Unvollkommene Information – nicht nur als Bedrohung, sondern auch als Chance sehen



http://www.energiesparen-im-haushalt.de/energie/bauen-und-modernisieren/modernisierung-haus/heizung-modernisieren/heizungsanlage-erneuern/preisentwicklung-oel-und-gas.html

Phasen eines Entscheidungsprozesses

Problemstellung

Lösungsfindung: Alternativensuche

Bewertung/Urteil

- Festlegung von Bewertungskriterien
- Bewerten der Alternativen
- Erstellung einer Präferenzordnung

Implementierung

- Entscheidung
- Durchsetzung (Handeln)
- Kontrolle
- Adjustieren und verändern

Rück-Kopplungen

Es können Wechselwirkungen zwischen den Phasen bestehen.
Eine zusätzliche Alternative kann zur Notwendigkeit der Berücksichtigung zusätzlicher Kriterien führen.

Quelle: Balderjahn und Specht, 2011, S.39, leicht verändert

Entscheidungsregeln bei einem Ziel

- bei Sicherheit
  - Maximierung (z.B. Gewinn)
  - Minimierung (z.B. Kosten)
- bei Unsicherheit
  - bei Risiko
    - Wenn Entscheider risikoneutral: Erwartungswert (in der BWL häufig genutzt; aber Problematik ???)
    - Wenn Entscheider risikoavers oder risikofreudig: z.B. Bernoulli-Prinzip (Risikonutzen)
  - bei Ungewissheit (vgl. Beispiele auf folgenden Folien)

Entscheidungsregeln

- Ungewissheitssituationen:

  Situationen, in denen den alternativ möglichen Ergebnissen von Handlungsalternativen eines Entscheiders keine Eintrittswahrscheinlichkeit zugeordnet werden können

- Risikosituationen:

  Für das Eintreten von Umweltzuständen (z.B. Temperaturhöhe für die Tage im August) liegen Eintrittswahrscheinlichkeiten vor (z.B. aus statistischen Analysen der Vergangenheit; oder es handelt sich um subjektive Wahrscheinlichkeiten). Damit lassen sich den möglichen Handlungsalternativen eines Entscheiders die Eintrittswahrscheinlichkeiten von Ergebnissen zuordnen.

Entscheidungssituation unter Ungewissheit

- Sie verfügen über ein Bankguthaben (z.B. 50.000 €), das Sie investieren möchten. Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1.000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt:

	s_1	s_2	s_3	s_4
a_1 Geldanlage i.d. Schweiz	100	0	0	0
a_2 Beteiligung an Stiftung auf den Cayman Islands	20	10	20	30
a_3 Beteiligung an Windpark auf Sylt	85	3	3	4
a_4 Kauf einer Industrieanleihe von Orthomol-Functional-Food Inc.	110	10	-20	0
a_5 Ausbau des heimischen Hofes für UadB	30	20	0	15

- Haben Sie die Alternative a1 gewählt und tritt der Umweltzustand s1 ein, dann beträgt das Ergebnis $e_{ij} = e_{11} = 100$

Sind Sie vorsichtig/pessimistisch?
Auswahl der Handlungsalternative nach dem **Maxi-Min-Kriterium**

- Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt:

	s_1	s_2	s_3	s_4	Zeilenminimum
a_1	100	0	0	0	
a_2	20	10	20	30	
a_3	85	3	3	4	
a_4	110	10	-20	0	
a_5	30	20	0	15	
Gewählt wird die Alternative, bei der das Zeilenminimum maximal ist, also a_2					

- Die gesamte Ergebnisverteilung wird nur durch ihren schlechtesten Wert (eindimensionale Entscheidungsregel) repräsentiert. Der ganze Rest der möglichen Ergebnisse wird einfach ignoriert.
  Würden Sie nach diesem Kriterium entscheiden?

Sind Sie vorsichtig/pessimistisch? Auswahl der Handlungsalternative nach dem **Maxi-Min-Kriterium**

- Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt:

	s_1	s_2	s_3	s_4	Zeilenminimum
a_1	100	0	0	0	0
a_2	20	10	20	30	10
a_3	85	3	3	4	3
a_4	110	10	-20	0	-20
a_5	30	20	0	15	0
Gewählt wird die Alternative, bei der das Zeilenminimum maximal ist, also a_2					10

- Die gesamte Ergebnisverteilung wird nur durch ihren schlechtesten Wert (eindimensionale Entscheidungsregel) repräsentiert. Der ganze Rest der möglichen Ergebnisse wird einfach ignoriert.
  Würden Sie nach diesem Kriterium entscheiden?

Sind Sie überaus optimistisch?
Auswahl der Handlungsalternative nach dem **Maxi-Max-Kriterium**

- Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt:

	s_1	s_2	s_3	s_4	Zeilenmaximum
a_1	100	0	0	0	
a_2	20	10	20	30	
a_3	85	3	3	4	
a_4	110	10	-20	0	
a_5	30	20	0	15	
Gewählt wird die Alternative, bei der das Zeilenmaximum maximal ist, also a_4					

- Die gesamte Ergebnisverteilung wird nur durch ihren besten Wert (eindimensionale Entscheidungsregel) repräsentiert. Der ganze Rest der möglichen Ergebnisse, die ihr Einkommen mindern könnten, wird einfach ignoriert.
  Würden Sie nach diesem Kriterium entscheiden?

Sind Sie überaus optimistisch?
Auswahl der Handlungsalternative nach dem **Maxi-Max-Kriterium**

- Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt:

	s_1	s_2	s_3	s_4	Zeilenmaximum
a_1	100	0	0	0	100
a_2	20	10	20	30	30
a_3	85	3	3	4	85
a_4	110	10	-20	0	110
a_5	30	20	0	15	30
Gewählt wird die Alternative, bei der das Zeilenmaximum maximal ist, also a_4					110

- Die gesamte Ergebnisverteilung wird nur durch ihren besten Wert (eindimensionale Entscheidungsregel) repräsentiert. Der ganze Rest der möglichen Ergebnisse, die ihr Einkommen mindern könnten, wird einfach ignoriert.
  Würden Sie nach diesem Kriterium entscheiden?

Orientieren Sie sich an den besten und den schlechtest möglichen Ergebnissen und möchten diese gewichten? Auswahl der Handlungsalternative nach dem **HURWICZ-Kriterium**

- Ihnen stehen 5 Handlungsalternativen offen (a_1 bis a_5). Je nach Umweltzustand (s_1 bis s_4) führt jede Alternative zu einem unterschiedlichen Einkommen (in 1000 Euro), wie nachfolgende Tabelle (Ergebnismatrix) zeigt.
- Die maßgeblichen Präferenzwerte werden als gewichteter Durchschnitt aus Zeilenmaximum und Zeilenminimum gebildet. Sie müssen für die Gewichtung einen Optimismusparameter λ nennen können ($0 \leq \lambda \leq 1$).
- Der Präferenzwert errechnet sich dann: $\max_i : \phi(a_i) = \lambda \max_j(e_{ij}) + (1-\lambda)\min_j(e_{ij})$
- In nachfolgender Tabelle ist die Identifikation der Optimalhandlung bei einem λ=0,2 und einem λ=0,7 aufgeführt.

	s_1	s_2	s_3	s_4	Für λ = 0,2	Für λ = 0,7
a_1	100	0	0	0	20	70
a_2	20	10	20	30	14	24
a_3	85	3	3	4	19,4	60,4
a_4	110	10	-20	0	6	71
a_5	30	20	0	15	6	21
Gewählt wird die Alternative, bei der Präferenzwert (berechnet aus λ sowie den Zeilenmaxima und –minimal) maximal ist					20	71

Ärgern Sie sich über vergangene Erfolgschancen? Auswahl der Handlungsalternative nach dem **SAVAGE-NIEHANS-Kriterium**

- Versetzen Sie sich in die Situation eines Angestellten, eines Vermögensverwalters, eines Wirtschaftsberaters, …, also eine Person, die letztlich über fremdes Vermögen entscheiden soll und den Erfolg bzw. Misserfolg auch hinterher zu verantworten hat.
- Solche Person möchte ggf. den relativen Misserfolg minimieren (Mini-Max-Regret-Kriterium)
- Solch eine Person würde anhand einer Bedauernsmatrix entscheiden: An die Stelle der ursprünglichen eij-Werte treten die Differenzbeträge zwischen dem jeweiligen Spaltenmaximum und den eij.

= 110-100

Ursprüngliche Entscheidungsmatrix						Bedauernsmatrix				Zeilenmax. der Bedauernsmatrix
	s_1	s_2	s_3	s_4		s_1	s_2	s_3	s_4	
a_1	100	0	0	0		10	20	20	30	30
a_2	20	10	20	30		90	10	0	0	90
a_3	85	3	3	4		25	17	17	26	26
a_4	110	10	-20	0		0	10	40	30	40
a_5	30	20	0	15		80	0	20	15	80
Spalten max.	110	20	20	30						
Minimierung des Bedauerns										26

Freuen Sie sich, wenn's in einer Situation nicht so schlimm gekommen ist, wie es hätte schlimmstenfalls kommen können?

Auswahl der Handlungsalternative auf der Basis von „Frohlockens"-Werten

- Wie beurteilen Sie „Frohlockens-Werte" als Entscheidungsgrundlage? Sind diese Werte plausibel?
- Auf die Frohlockenswerte kann das Maxi-Min-Prinzip angewendet werden – oder das maximale Frohlocken wird maximiert oder es wird gemäß der Hurwicz-Regel ein Durchschnitt aus minimalem und maximalem Frohlocken maximiert.

= 100-20

Ursprüngliche Entscheidungsmatrix						Frohlockensmatrix				Zeilenmax.	Min.	λ=0,4
	s_1	s_2	s_3	s_4		s_1	s_2	s_3	s_4			
a_1	100	0	0	0		80	0	20	0	80	0	32
a_2	20	10	20	30		0	10	40	30	40	0	16
a_3	85	3	3	4		65	3	23	4	65	3	27,8
a_4	110	10	-20	0		90	10	0	0	90	0	36
a_5	30	20	0	15		10	20	20	15	20	10	14
Spalten min.	20	0	-20	0								
Optimum										90	10	36

Welches ist denn nun das richtige Kriterium ???

Sieht man sich die vorherigen Beispiele an, dann war je nach Entscheidungskriterium oft eine andere Handlungsalternative optimal.

„Die einzig richtige Handlungsanweisung gibt es somit nicht“

Was sind dann die Aufgaben der präskriptiven Entscheidungstheorie?

1) Entwicklung von
   - breitem Katalog unterschiedlicher Entscheidungskriterien
   - alternativen Ausgestaltungsformen von Entscheidungsmaximen
2) Untersuchung dieser Kriterien/Entscheidungsmaximen hinsichtlich ihrer Implikationen
3) Verdeutlichung der Konsequenzen für das Entscheidungsverhalten.

Entscheidungen in Risikosituationen

- Unsicherheitssituation, bei der den alternativen Umweltzuständen subjektive oder objektive Eintrittswahrscheinlichkeiten zugeordnet werden können

- Beispiel: Sie besitzen ein Lotterielos, das sich mit 90% Wahrscheinlichkeit als Niete erweisen wird (Gewinn +/- 0 Euro), bei dem jedoch mit 10 % Wahrscheinlichkeit ein Gewinn von 1.000 Euro zu erwarten ist. Für welchen sicheren Betrag wären Sie bereit, das Lotterielos zu verkaufen?
  Für 1 Euro?
  Für 900 Euro?

Das μ-Prinzip

- Bekannteste und einfachste Entscheidungsregel für Risikosituationen: Die Wahrscheinlichkeitsverteilung einer Handlungsalternative wird durch ihren Erwartungswert charakterisiert.
- Die Präferenzfunktion sieht also wie folgt aus: $\Phi(E_i) = \mu_i = \sum_{j=1}^{n} e_{ij} p_j$
- Optimierungskriterium: Maximierung (z.B. Gewinn) bzw. Minimierung (z.B. Kosten) des Erwartungswertes; ein Entscheider, der sich ausschließlich am Erwartungswert orientiert, ist risikoneutral.

$$\max_i : \Phi(a_i) = \mu_i$$

$$bzw.$$

$$\min_i : \Phi(a_i) = \mu_i$$

- Vgl. Lotteriebeispiel: 90% Wahrscheinlichkeit „Niete“; 10 % Wahrscheinlichkeit „Gewinn von 1.000 Euro“
  μ = 0,9*0€ + 0,1*1000€ = 100€
- Jemand wäre bereit, Ihnen 150 Euro im Tausch für das Los zu geben. Ist diese Person risikofreudig oder risikoscheu? Warum?

Beurteilung des μ-Prinzips bei häufigen Wiederholungen

- Gesetz der großen Zahlen.

- Beispiele für sinnvolle praktische Anwendungen:
  - Qualitätsbeurteilung vieler gleichartiger Werkstücke, die den gleichen Arbeitsbedingungen unterliegen.
  - Planung von Stillstandszeiten und Reparaturkosten bei einem Park mit mehreren hundert oder tausend gleichen Aggregaten (u.U. große Windparks)
  - bei der Ausrüstung einer großen Zahl von Gegenständen mit bestimmten Einzelteilen (z.B. Glühbirnen).

Beurteilung des μ-Prinzips bei Einzelentscheidungen

- Glücksspiele, Versicherungen, …
- Kommerzielle Glücksspiele: erwarteter Gewinn niedriger als der Einsatz.
- Versicherungsbeiträge (vereinfachend): Summe aus mittels Statistik ermittelter Schadenserwartung, Risiko- und Verwaltungskostenzuschlag.

- Beispiel: Wahrscheinlichkeitsverteilung für die Krankheitskosten eines Versicherungsnehmers innerhalb eines Jahres:

Krankheitskosten	0	100	500	1.000	5.000	10.000	50.000
Wahrscheinlichkeit	30%	50%	19%	0,5%	0,39%	0,1%	0,01%

- Erwartete Schadenssumme: 184,50 Euro/Jahr, bzw. ca. 15,40 Euro/Monat.

- Nach dem μ-Kriterium wäre es also nur sinnvoll, eine Krankenversicherung abzuschließen, sofern die Monatsprämie unterhalb dieses Betrages läge. Entspricht dies Ihrer Lebenserfahrung?

Das μ-σ-Prinzip

- Der für die Beurteilung einer Handlungsalternative a_i maßgebliche Präferenzwert wird als Funktion des mathematischen Erwartungswertes und der Streuung σ_i (oder der Varianz σ_i^2) der zugehörigen Wahrscheinlichkeitsverteilung E_i ermittelt:
- Die Präferenzfunktion sieht also wie folgt aus: $\Phi(a_i) = \Phi(\mu_i, \sigma_i)$
- Formen des μ-σ-Prinzips:

$$\Phi(\mu_i, \sigma_i) = \mu_i + \alpha\sigma_i$$

oder

$$\Phi(\mu_i, \sigma_i) = \mu_i + \alpha\sigma_i^2$$

oder

$$\Phi(\mu_i, \sigma_i) = \mu_i + \alpha\left(\mu_i^2 + \sigma_i^2\right)$$

wenn

$\alpha < 0$: Risikoscheu

$\alpha > 0$: Risikobereitschaft

Aufgabe 1

- Jonny Fortuna hat nahezu sein gesamtes Vermögen beim Spiel in Monte Carlo verloren. Nun besinnt er sich plötzlich auf seine Kenntnisse der Entscheidungstheorie und hofft, dadurch wieder zu Geld kommen zu können.
- Handlungsalternativen: (a_1): Beteiligung am Roulette-Spiel; (a_2): Black-Jack-Spiel; (a_3): Kauf eines Super-Lotterieloses.
- Er meint, er könne die folgenden Wahrscheinlichkeitsverteilungen der erzielbaren Gewinne seiner Entscheidung zugrunde legen:

	a_1		a_2			a_3	
e (in 1000 Euro)	0	10	0	10	50	0	100
p	0,6	0,4	0,8	0,15	0,05	0,96	0,04

a) Berechnen Sie die Erwartungswerte und Varianzen der drei Alternativen. Für welche Alternative würde sich Jonny Fortuna
(1) bei risikoneutraler Einstellung
(2) bei risikoscheuer Einstellung
entscheiden?.

b) Angenommen, Jonny Fortuna wolle sich nach der Entscheidungsregel $\max : \Phi = \mu_i - 0{,}1\sigma_i^2$ richten. Ermitteln Sie die Präferenzwerte der drei Alternativen. Welches Spiel wählt Jonny Fortuna also?

e_{11}

e_{23}

Erläuterung zu Aufgabe 1

	a_1		a_2			a_3	
e_{ij} (in 1000 Euro)	0	10	0	10	50	0	100
p_{ij}	0,6	0,4	0,8	0,15	0,05	0,96	0,04
μ_{ij}	4		4			4	
σ_i^2	24		124			384	

0,6*0 + 0,4*10 = 4

$0{,}6*(0-4)^2 + 0{,}4*(10-4)^2 = 24$

$$\mu_i = \sum_{j=1}^{n} p_{ij} \bullet e_{ij}$$

$$\sigma_i^2 = \sum_{j=1}^{n} p_{ij} \bullet \left(e_{ij} - \mu_i\right)^2$$

Aufgabe 2

Die Solar-Security-Versicherungsgesellschaft AG bietet Eigentümern von Photovoltaikanlagen zwei Typen von Versicherungen gegen Diebstahl an:

- Typ A: Voller Ersatz aller gestohlenen Anlagenbestandteile. Die Prämie beläuft sich auf 5 % der Versicherungssumme
- Typ B: Teilweiser Ersatz der gestohlenen Gegenstände. Der Versicherungsnehmer muss 3.000 Euro Selbstbehalt tragen. Die Prämie beläuft sich auf 2 % der Versicherungssumme

Der stolze PV-Anlagenbesitzer J. Bond beabsichtigt, die zwei gleich großen PV-Anlagen auf der Garage und dem Wohnhaus gegen Diebstahl zu versichern (Wert jeder der beiden Anlagen 10.000 Euro).

Nach Rücksprache mit der örtlichen Polizeidienststelle rechnet er mit folgenden Wahrscheinlichkeiten eines Diebstahls

- 1 % Diebstahl beider Anlagen
- 5 % Diebstahl einer der beiden Anlagen (vermutlich Garage, weil besser zugänglich)
- 94 % kein Diebstahl.

a) J. Bond erwägt, sich den Versicherungsschutz zu sparen (Handlungsalternative a_1)

b) J. Bond erwägt den Abschluss einer Versicherung vom Typ A über 20.000 Euro (a_2)

c) J. Bond erwägt den Abschluss einer Versicherung vom Typ B über 20.000 Euro (a_3)

Teil 1: Erstellen Sie die Ergebnismatrix und berechnen Sie für alle drei Alternativen μ und σ^2.

Teil 2: Im Rahmen eines Experiments wurde die Präferenzfunktion von J. Bond mit

$\Phi(a_i)=\mu i - 0{,}001(\mu_i^2 + \sigma_i^2)$

ermittelt. Für welche Handlungsalternative a_1 bis a_3 wird sich J. Bond entscheiden?

Lösung Aufgabe 2 (Teil 1)

	s_1 (p=0,01)	s_2 (p=0,05)	s_3 (p=0,94)
a_1	-20.000	-10.000	0
a_2	-1.000	-1.000	-1.000
a_3	-3.400	-3.400	-400

Lösung Aufgabe 2 (Teil 2)

	s_1 (p=0,01)	s_2 (p=0,05)	s_3 (p=0,94)
a_1	-20.000	-10.000	0
a_2	-1.000	-1.000	-1.000
a_3	-3.400	-3.400	-400

μ_1 = 0,01*(-20000) + 0,05*(-10000) + 0,94*0 = -700

μ_2 = 0,01*(-1000) + 0,05*(-1000) + 0,94*(-1000) = -1000

μ_3 = 0,01*(-3400) + 0,05*(-3400) + 0,94*(-400) = -580

$$\sigma_1 = \sqrt{[0{,}01 \bullet (-20000 + 700)^2 + 0{,}05 \bullet (-10000 + 700)^2 + 0{,}94 \bullet (0 + 700)^2]} = 2917$$

$$\sigma_2 = \sqrt{[0{,}01 \bullet (-1000 + 1000)^2 + 0{,}05 \bullet (-1000 + 1000)^2 + 0{,}94 \bullet (-1000 + 1000)^2]} = 0$$

$$\sigma 3 = \sqrt{[0{,}01 \bullet (-3400 + 580)^2 + 0{,}05 \bullet (-3400 + 580)^2 + 0{,}94 \bullet (-400 + 580)^2]} = 890$$

Lösung Aufgabe 2 (Teil 3)

μ_1 = 0,01*(-20000) + 0,05*(-10000) + 0,94*0 = -700

μ_2 = 0,01*(-1000) + 0,05*(-1000) + 0,94*(-1000) = -1000

μ_3 = 0,01*(-3400) + 0,05*(-3400) + 0,94*(-400) = -580

$$\sigma 1 = [0{,}01 * (-20000 + 700)^2 + 0{,}05 * (-10000 + 700)^2 + 0{,}94 * (0 - 700)^2]^{0{,}5} = 2917$$
$$\sigma 2 = [0{,}01 * (-1000 + 1000)^2 + 0{,}05 * (-1000 + 1000)^2 + 0{,}94 * (-1000 - 1000)^2]^{0{,}5} = 0$$
$$\sigma 3 = [0{,}01 * (-3400 + 580)^2 + 0{,}05 * (-3400 + 580)^2 + 0{,}94 * (-400 - 580)^2]^{0{,}5} = 712$$

J. Bond richtet sich gemäß der Aufgabe nach der Entscheidungsregel: $\max : \Phi = \mu_i - 0{,}001(\mu^2 + \sigma_i^2)$

$\Phi(a_1)$ = -700 – 0,001(-700^2 + 2917^2) = -9700

$\Phi(a_2)$ = -1000 – 0,001(-1000^2 + 0^2) = -2000

$\Phi(a_3)$ = -580 – 0,001(-580^2 + 712^2) = -1424

Versicherung vom Typ B ist optimal

Interpretation der Standardabweichung 1

Jahr	Kurs am Jahresbeginn	Kurs am Jahresende	Rendite
2007	62,- EUR	66,- EUR	+6,5%
2008	66,- EUR	74,- EUR	+12,1%
2010	74,- EUR	78,- EUR	+5,4%
2011	78,- EUR	70,- EUR	-10,3%

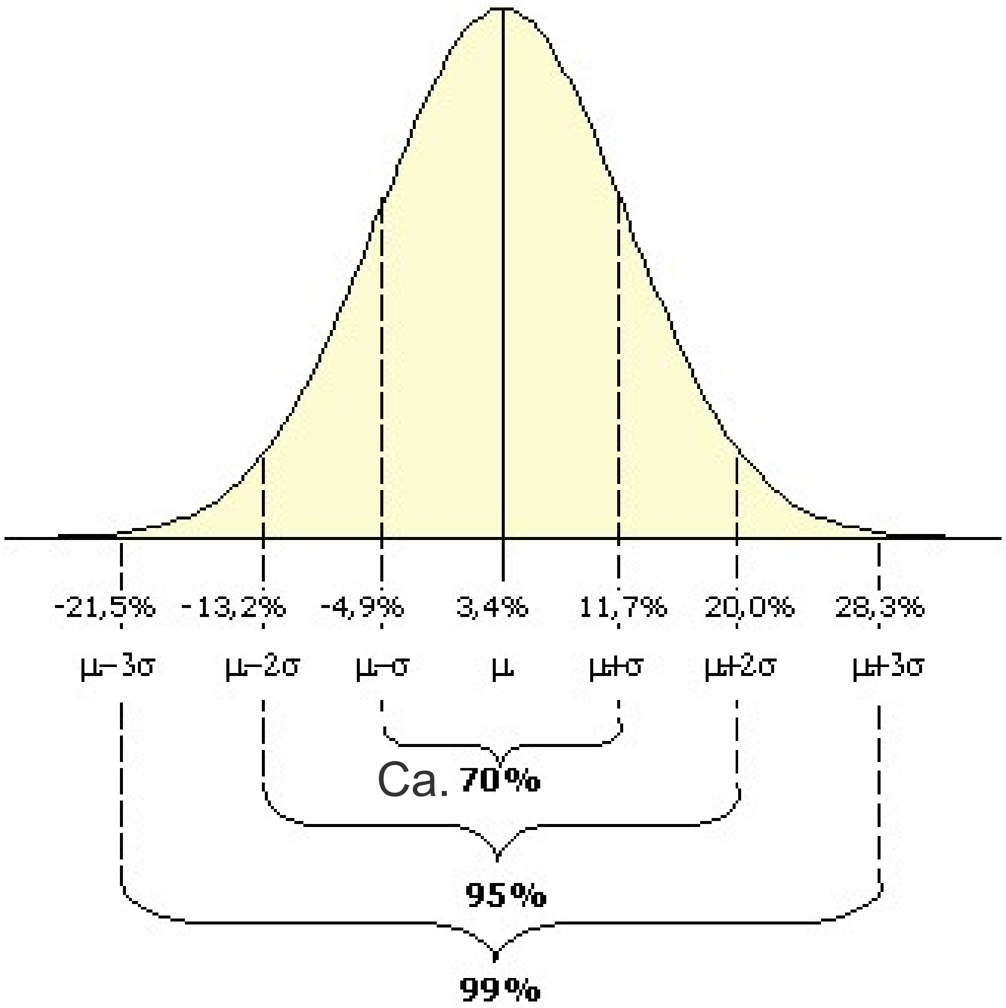
Interpretation der Standardabweichung 2

- Erwartungswert der Rendite der Aktie: 3,4%
- Standardabweichung der Aktie:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{4} \times \left((6{,}5\% - 3{,}4\%)^2 + (12{,}1\% - 3{,}4\%)^2 + (5{,}4\% - 3{,}4\%)^2 + (-10{,}3\% - 3{,}4\%)^2\right)}$$

$$= \sqrt{\frac{1}{4} \times (9{,}6\% + 75{,}7\% + 4{,}0\% + 187{,}7\%)} = 8{,}3\%$$

Interpretation der Standardabweichung 3:
Normalverteilung mit Erwartungswert der Rendite von 3,4%



Beispiel: Risikomanagement durch Versicherung

SecurSolar bietet Privatpersonen mit PV-Anlagen bis 30 kWp Ertragsausfallversicherungen an. Unterschieden wird dabei in nachfolgend aufgeführte Bagatellschadens- bzw. Schadensklassen, die mit den angegebenen Wahrscheinlichkeiten eintreten können und ohne Versicherung zu den angegebenen Einkommensbeiträgen führen.

Dem stolzen PV-Besitzer U.B. Werden nun folgende Policen angeboten:

Police 1: Jahreversicherungsprämie 500 Euro. Hierbei werden alle negativen Einkommensbeiträge von der Versicherung kompensiert.

Police 2: Jahreversicherungsprämie 1000 Euro. Hierbei werden alle Schäden übernommen – allerdings mit einem Selbstbehalt von 500 Euro.

Daten siehe nachfolgende Folie.

Beispiel: Risikomanagement durch Versicherung (Daten und Aufgabe)

1. Ermitteln Sie für die zwei Alternativen mit Versicherungspolice die Ergebnisse als Einkommensbeiträge
2. Ermitteln Sie für alle drei Alternativen die Erwartungswerte und Varianzen
3. Ermitteln Sie die von U.B. präferierte Alternative, wenn seine Präferenzfunktion lautet: $\Phi(a_i)=\mu_i - 0{,}01\sigma_i^2$

		Eintritts-		Handlungsalternativen (a_i) mit Ergebnissen als Einkommensbeiträge in €::					
		wahrschein-			a_1		a_2		a_3
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			(ohne Versicherung)		(mit Police 1)		(mit Police 2)
u_1	Schadenklasse 1	$p(u_1)$:	0,001		-5.000,00				
u_2	Schadenklasse 2	$p(u_2)$:	0,020		1.000,00				
u_3	Bagatellschaden	$p(u_3)$:	0,100		3.000,00				
u_4	Normal	$p(u_4)$:	0,879		3.500,00				
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:		$\mu(a_2)$:		$\mu(a_3)$:	
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:		$\sigma^2(a_2)$):		$\sigma^2(a_3)$:	
				Jahresversicherungsprämien in €:			500,00		1.000,00

Beispiel: Risikomanagement durch Versicherung (Daten)

		Eintritts-		Handlungsalternativen (a_i) mit Ergebnissen als Einkommensbeiträge in €::					
		wahrschein-			a_1		a_2		a_3
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			(ohne Versicherung)		(mit Versicherung)		(mit Versicherung)
u_1	Schadenklasse 1	$p(u_1)$:	0,001		-5.000,00		-500,00		2.000,00
u_2	Schadenklasse 2	$p(u_2)$:	0,020		1.000,00		500,00		2.000,00
u_3	Bagatellschaden	$p(u_3)$:	0,100		3.000,00		2.500,00		2.000,00
u_4	Normal	$p(u_4)$:	0,879		3.500,00		3.000,00		2.500,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	3.391,50	$\mu(a_2)$:	2.896,50	$\mu(a_3)$:	2.439,50
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	210.478	$\sigma^2(a_2)$):	151.538	$\sigma^2(a_3)$:	26.590
				Jahresversicherungsprämien in €:			500,00		1.000,00
	Präferenzen:				1286,7225		1381,1225		2173,6025

Beispiel für Preisschwankungen: Waldhackschnitzel I

	Kraftwerksleistung			
	< 500 kW	500-900 kW	1000-4999 kW	> 5000 kW
Umfrage 2001 (Wittkopf, 2005)	65 €/t atro	62 €/t atro	63 €/t atro	37 €/t atro
Umfrage 2003 (Neugebauer et al., 2005)	75 €/t atro	83 €/t atro	76 €/t atro	50 €/t atro
Umfrage 2006	99 €/t atro	83 €/t atro	69 €/t atro	56 €/t atro

atro: Abkürzung für "absolut trocken". In der Papierherstellung ein Maß für den Trockenheitsgrad von Papier und Zellstoff. Die Angabe erfolgt in "% atro" . Basis ist 0% Wassergehalt. Da der Messwert jedoch nicht exakt zu ermitteln ist, wird er deshalb heutzutage ersetzt durch "otro" (ofentrocken). Das ist der Zustand eines Stoffes nach der Trocknung unter festgelegten Bedingungen.

Beispiel für Preisschwankungen: Waldhackschnitzel

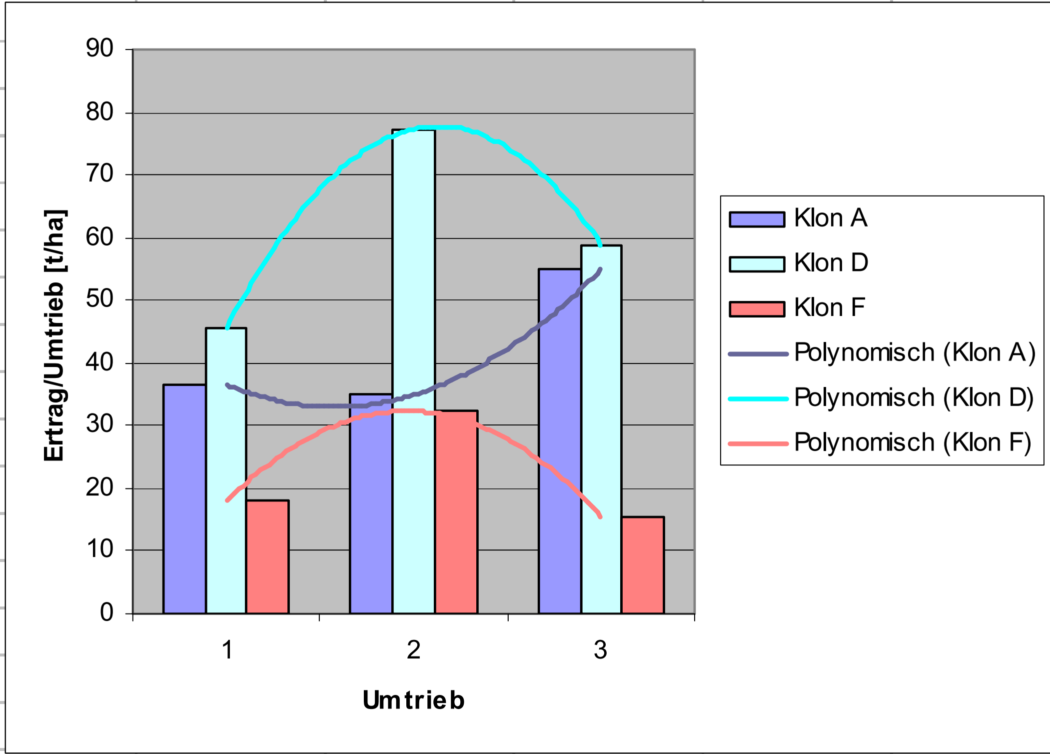
			Kraftwerksleistung			
			< 500 kW	500-900 kW	1000-4999 kW	> 5000 kW
			Preise in €/t atro			
Umfrage	2001 (Wittkopf, 2005)		65	62	63	37
	2003 (Neugebauer et al., 2005)		75	83	76	50
	2006	Min (ca.)	62	58	22	20
		Ø	99	83	69	56
		Max (ca.)	161	125	125	78

atro: Abkürzung für "absolut trocken". In der Papierherstellung ein Maß für den Trockenheitsgrad von Papier und Zellstoff. Die Angabe erfolgt in "% atro" . Basis ist 0% Wassergehalt. Da der Meßwert jedoch nicht exakt zu ermitteln ist, wird er deshalb heutzutage ersetzt durch "otro" (ofentrocken). Das ist der Zustand eines Stoffes nach der Trocknung unter festgelegten Bedingungen.

Schardt, M. und F. Zormaier: Waldhackschnitzelversorgung bei geförderten Biomasseheiz(kraft)werken – Ergebnisse einer bayernweiten Befragung. In: Otti (Hrsg.): Bioenergie; Tagungsband zum 16. Symposium 2007.

Beispiel für Ertragsschwankungen: Erträge von Kurzumtriebsplantagen - Standort Abbachhof (Landkreis Regensburg)

Klon	Umtrieb	Erträge/ Umtrieb [t/ha]	Erträge/Jahr [t/ha a]
Klon A	1	36,6	9,2
	2	34,9	8,7
	3	55	13,8
Klon B	1	32,4	8,1
	2	70	17,5
	3	51,6	12,9
Klon C	1	32,8	8,2
	2	51,1	12,8
	3	34,9	8,7
Klon D	1	45,6	11,4
	2	77,3	19,3
	3	58,9	14,7
Klon E	1	27,4	6,9
	2	37,2	9,3
	3	23,4	5,9
Klon F	1	17,9	4,5
	2	32,3	8,1
	3	15,6	3,9
Klon G	1	38,9	7,8
	2	51,2	10,2
Klon H	1	28,4	5,7
	2	48,1	9,62

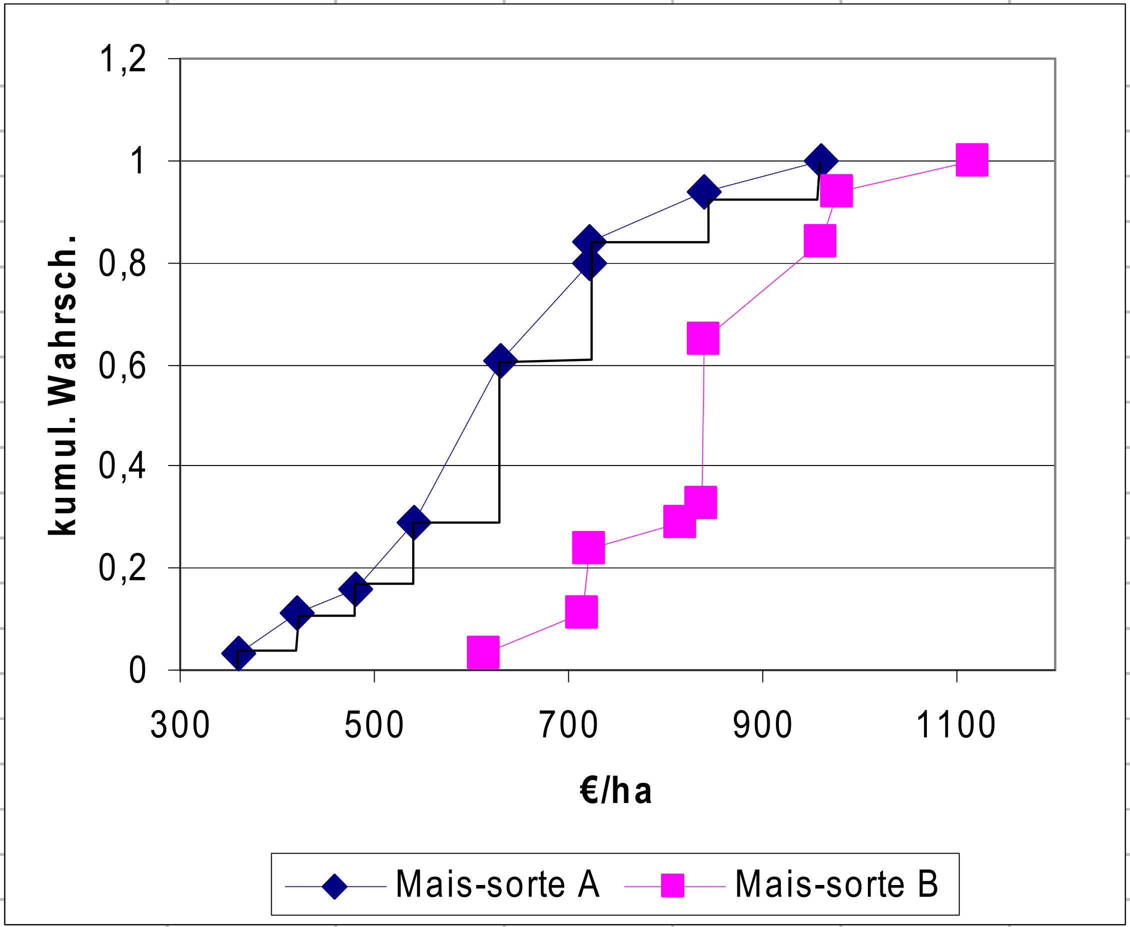


Friedrich, E. (1999): Anbautechnische Untersuchungen in forstlichen Schnellwuchsplantagen und Demonstration des Leistungsvermögens schnellwachsender Baumarten.
In: Schütte, A.: Modellvorhaben "Schnellwachsende Baumarten". Landwirtschaftsverlag Münster.

Welche Maissorte wäre zu präferieren?

Aus mehrjährigen Feldversuchen wurden folgende Ergebnisse gewonnen:

	Geordnete Ergebnisse	Zugehörige p(uj)	Kumulierte p(uj)
	Einkommens-beitrag €/ha		
Mais-sorte A	360	0,032	0,032
	420	0,08	0,112
	480	0,048	0,16
	540	0,128	0,288
	630	0,32	0,608
	720	0,192	0,8
	721	0,04	0,84
	840	0,1	0,94
	960	0,06	1
Mais-sorte B	612	0,032	0,032
	714	0,08	0,112
	720	0,128	0,24
	816	0,048	0,288
	837	0,04	0,328
	840	0,32	0,648
	960	0,192	0,84
	976,5	0,1	0,94
	1116	0,06	1



Vergleich des Marktrisikos von Weizen und KUP

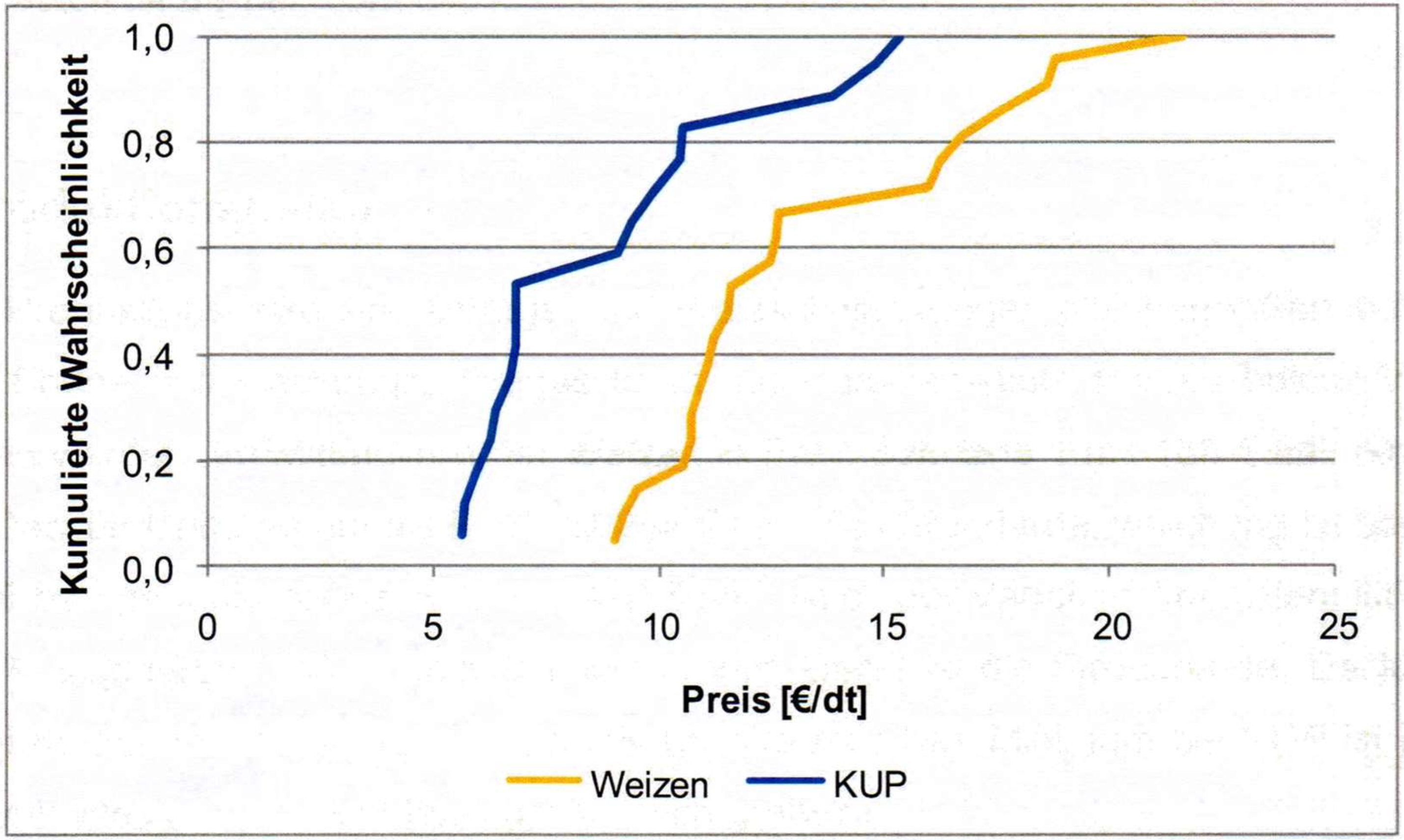


Abbildung 16: Vergleich des Marktrisikos für Preis-Szenario 1 (ZMP, BUNDESMINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND TECHNOLOGIE 2008)

Vergleich des Ertragsrisikos Weizen und KUP

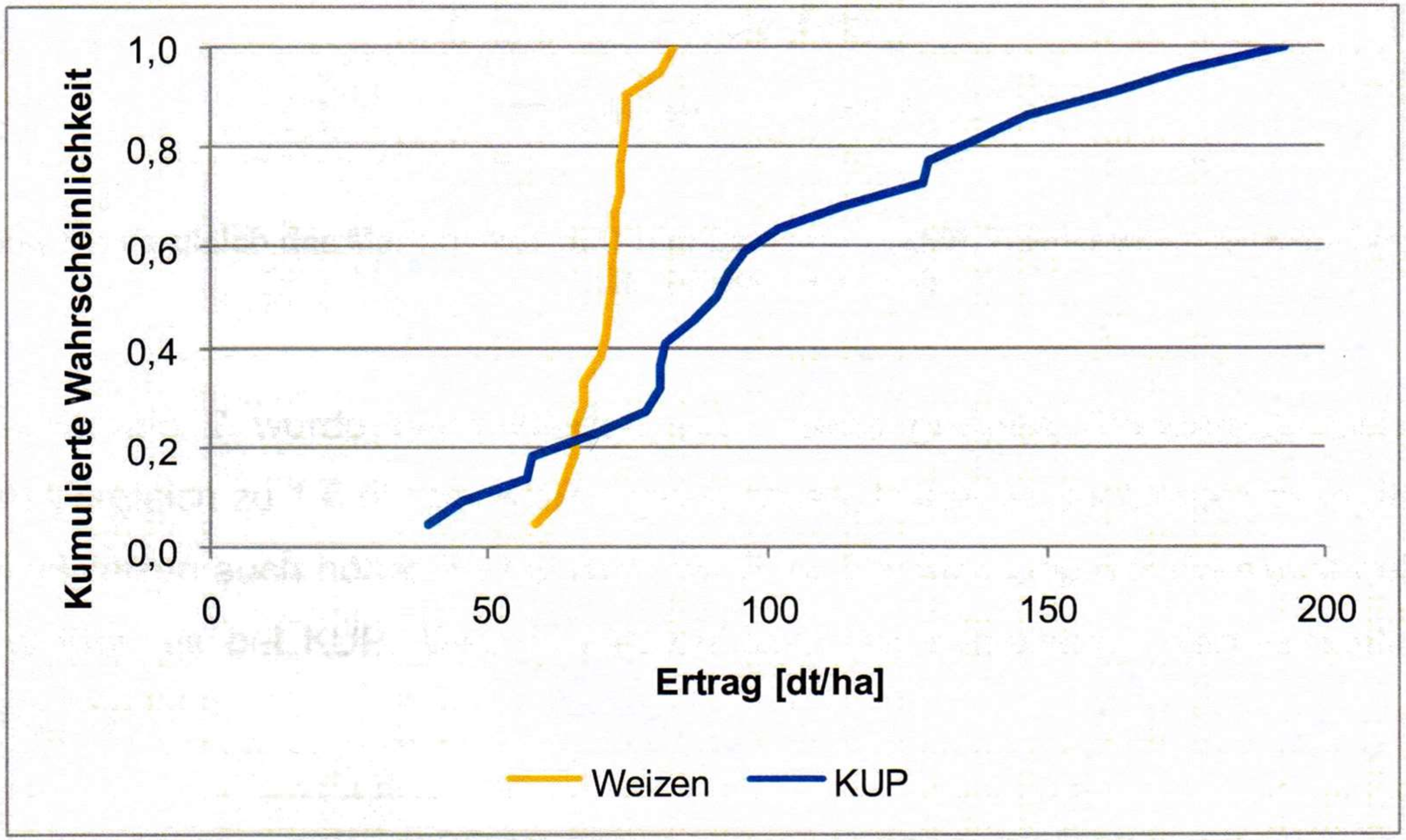


Abbildung 15: Vergleich des Ertragsrisikos (Friedrich 1999; Bayerisches Landesamt für Statistik; LfL)

Risikomanagement

- Produktionsrisiken -> Folge: Mengenschwankungen
  Begrenzung möglich z.B. durch
  a) Schadensversicherung
  b) Vorhalten von zusätzlichen Arbeitskapazitäten
  c) Vorhalten von Lagerbeständen (Produktionsmittel)
  d) Diversifizierung des Produktionsprogramms

- Marktrisiken -> Folge: Preisschwankungen
  a) Versicherungen
  b) Diversifizierung des Produktionsprogramms
  c) Lieferverträge mit Preis- und Mengengarantien (vgl. Hopfen)
  d) Abnahmeverträge mit Preis- und Mengengarantien (Vor-/Nachteile)

Risikomanagement durch Versicherung

		Eintritts-wahrschein-lichkeiten $p(u_j)$:		Handlungsalternativen (a_i) mit Ergebnissen als Einkommensbeiträge in €::					
Umweltzustände (u_j):					a_1 (ohne Versicherung)		a_2 (mit Versicherung)		a_3 (mit Versicherung)
u_1	Schadensjahr	$p(u_1)$:	0,100		-80.000,00		-10.000,00		33.000,00
u_2	Kühles Jahr	$p(u_2)$:	0,200		20.000,00		10.000,00		3.000,00
u_3	Normales Jahr	$p(u_3)$:	0,400		50.000,00		40.000,00		33.000,00
u_4	Warmes Jahr	$p(u_4)$:	0,300		70.000,00		60.000,00		53.000,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	37.000,00	$\mu(a_2)$:	35.000,00	$\mu(a_3)$:	33.000,00
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	1.821.000.000	$\sigma^2(a_2)$):	525.000.000	$\sigma^2(a_3)$:	300.000.000
				Jahresversicherungsprämien in €:			10.000,00		17.000,00
									DECK222

Verluste vollständig kompensiert

Differenz zu „normalem Jahr“ vollständig kompensiert (33.000=50.000-17.000)

Nach: Kuhlmann,F.: Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (2007), S. 128

Risikomanagement durch Abnahmeverträge

Produktmenge (St):	10.000		Vertragspreis (€/St):	13,00		Produktionskosten (€):		100.000,00
				Handlungsalternativen (a_i) mit Ergebnissen als Einkommensbeiträge in €::				
Umweltzustände (u_j):		Markt-preise in €/St	Eintritts-wahrschein-lichkeiten $p(u_j)$:		a_1 (ohne Vertrag)		a_2 (mit Vertrag)	
u_1	katastrophaler Marktpreis	2,00	$p(u_1)$:	0,100	-80.000,00		30.000,00	
u_2	geringer Marktpreis	12,00	$p(u_2)$:	0,200	20.000,00		30.000,00	
u_3	mittlerer Marktpreis	15,00	$p(u_3)$:	0,400	50.000,00		30.000,00	
u_4	günstiger Marktpreis	17,00	$p(u_4)$:	0,300	70.000,00		30.000,00	
			Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):	$\mu(a_1)$:	37.000,00	$\mu(a_2)$:	30.000,00	
			Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):	$\sigma^2(a_1)$:	1.821.000.000	$\sigma^2(a_2)$):	0	
	Risikoprämie für die vertragslose Handlungsalternative a_1 (€):				7.000,00			
							DECK224	

Nach: Kuhlmann,F.: Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (2007), S. 131

Risikomanagement durch Übergang auf weniger riskante Produktionszweige (Beispiel Landwirtschaft)

Wirtschaftsjahre	Futterbaubetriebe Gewinn je nicht-entlohnter AK in €	Ackerbaubetriebe Gewinn je nicht-entlohnter AK in €	Veredlungsbetriebe Gewinn je nicht-entlohnter AK in €
1996/1997	15.284	21.445	46.519
1997/9898	16.630	23.115	36.377
1998/1999	18.685	17.802	10.072
1999/2000	18.622	21.462	21.873
2000/2001	21.897	23.760	42.426
2001/2002	24.397	26.991	39.716
2002/2003	20.243	20.053	13.338
2003/2004	19.759	20.957	11.266
2004/2005	24.061	29.508	44.881
Erwartungswerte in €:	19.953	22.788	29.608
Varianzen:	8,53 Mio	11,46 Mio	208,24 Mio
Risikoprämien in €:	0	2.835	9.655

Quelle: n. Daten Landesbetrieb Landwirtschaft Hessen: Buchführungsergebnisse Landw. Betriebe in Hessen, Kassel 2006, S.12f., berechnet.

DECK225

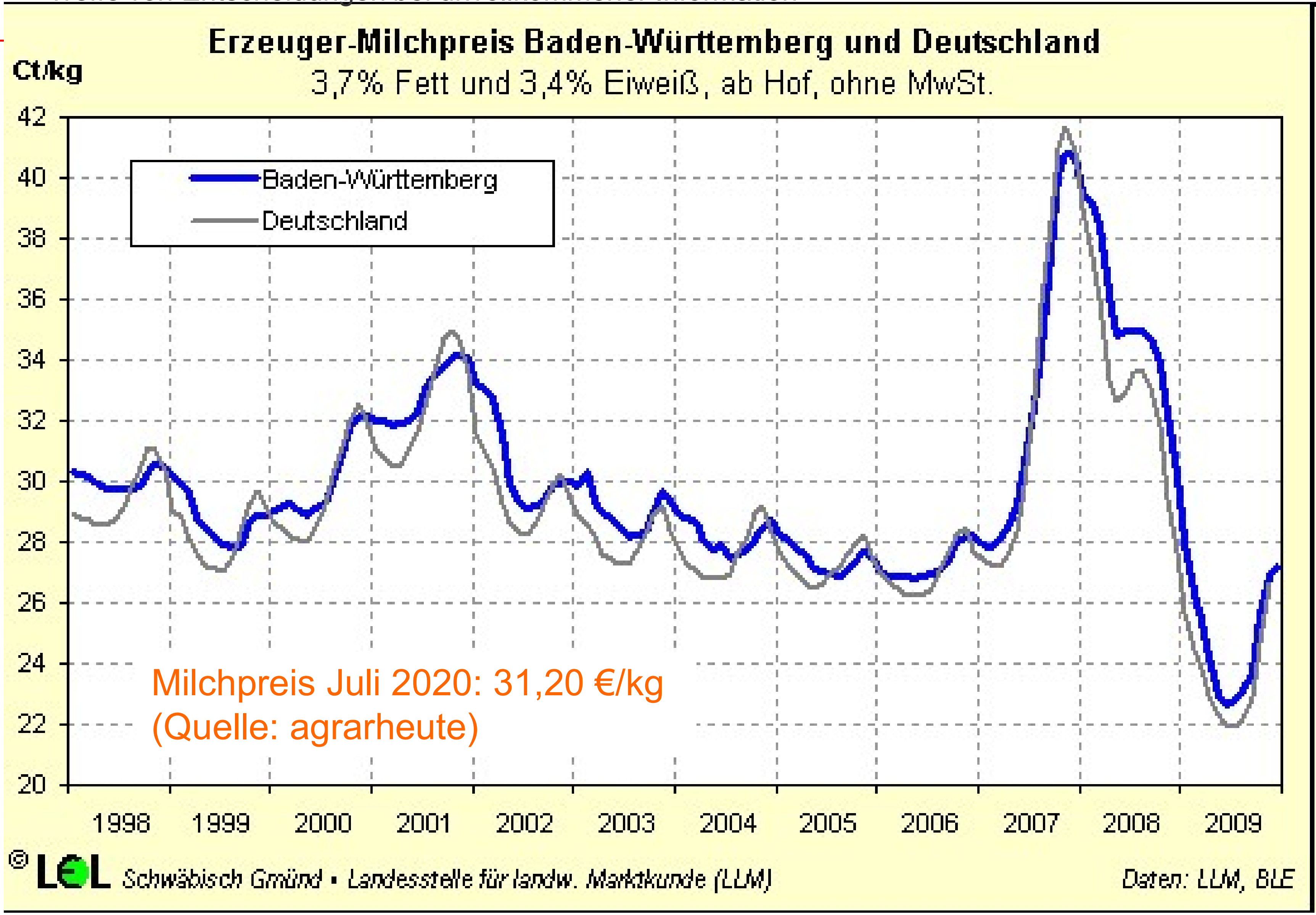
ÜBERSICHT 2.25: Jahreswerte, Erwartungswerte u. Varianzen der Gewinne je nichtentlohnter AK (= Familienarbeitskraft) von 1996/97 bis 2004/05 sowie Risikoprämien in verschiedenen Ausrichtungen landwirtschaftlicher Haupterwerbsbetriebe in Hessen

Vgl. aber aktuelle Probleme von Milchviehbetrieben!

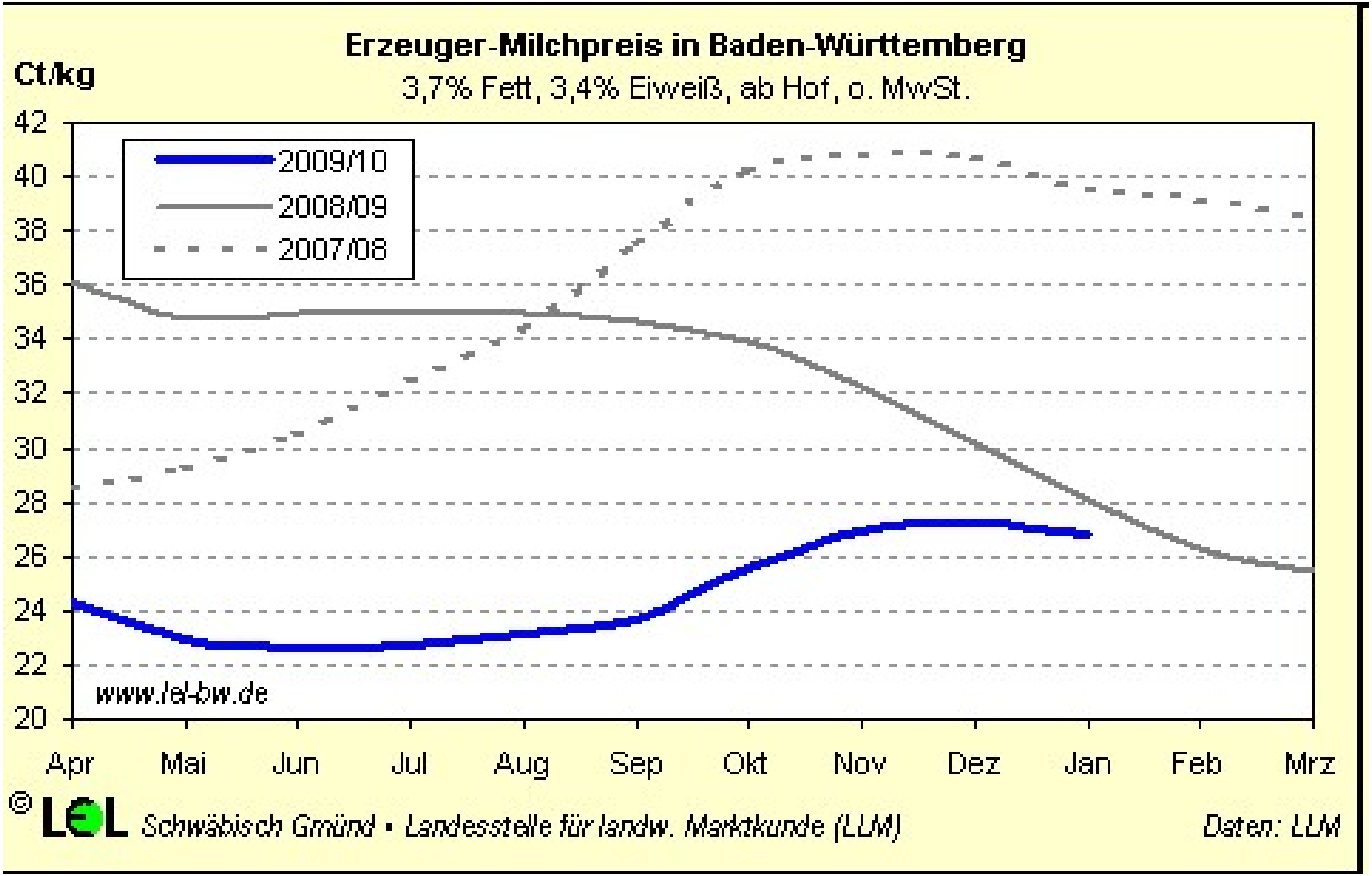
Und vgl. mit Schweineproduktion in den letzten Jahren!

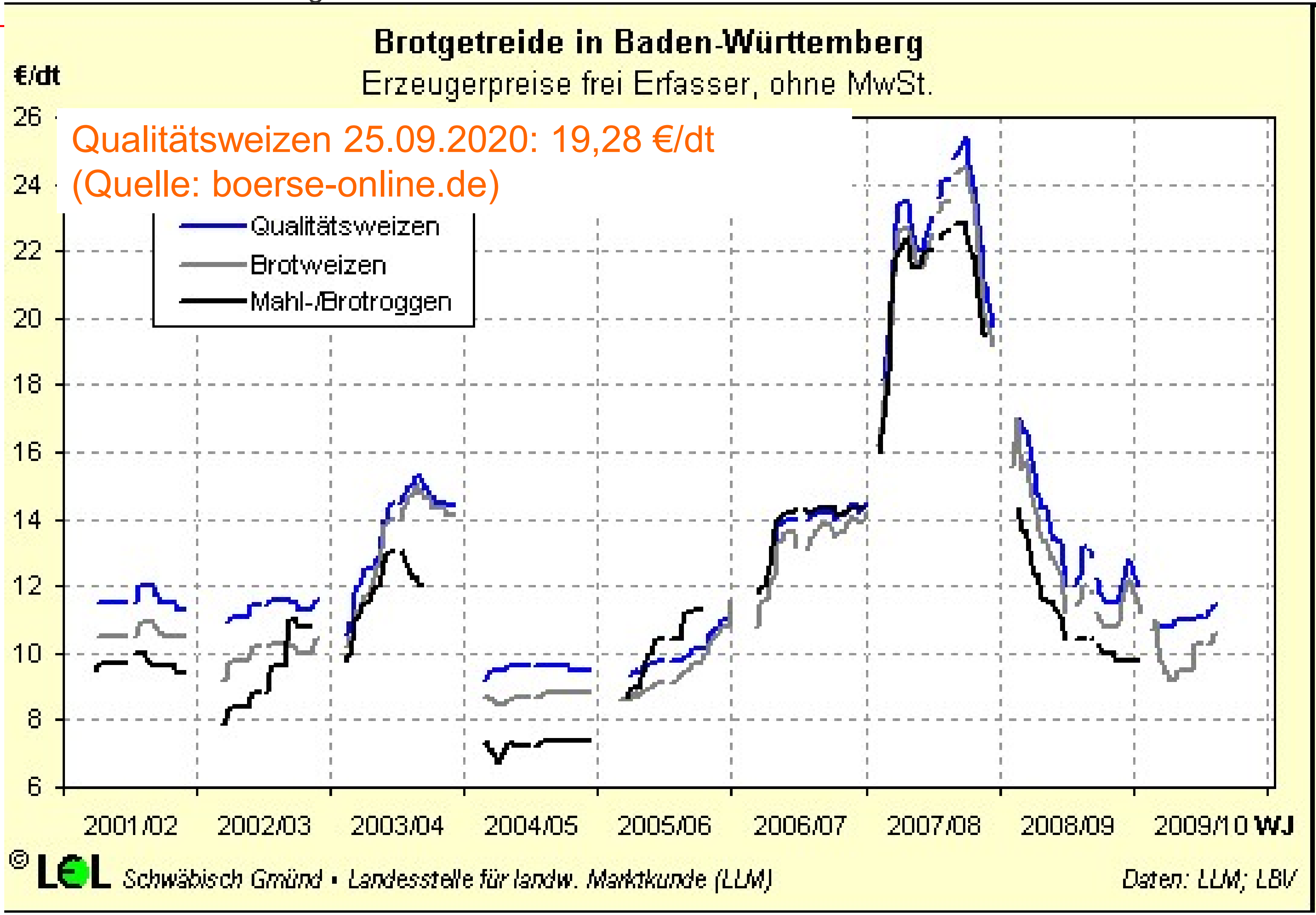
Und vgl. mit Getreidepreisen!

Aus: Kuhlmann,F.: Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (2006), S. 131



Quelle: LEL http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1041230_l1/index1221750829191.html


Erzeuger-Milchpreis in Baden-Württemberg
3,7% Fett, 3,4% Eiweiß, ab Hof, o. MwSt.
Ct/kg
42
40
38
36
34
32
30
28
26
24
22
20
2009/10
2008/09
2007/08
www.lel-bw.de
Apr
Mai
Jun
Jul
Aug
Sep
Okt
Nov
Dez
Jan
Feb
Mrz
© LEL Schwäbisch Gmünd • Landesstelle für landw. Marktkunde (LLM)
Daten: LLM



Qualitätsweizen 25.09.2020: 19,28 €/dt
(Quelle: boerse-online.de)

Quelle: LEL http://www.landwirtschaft-bw.info/servlet/PB/menu/1101784_l1/index1221750829191.html

Risikomanagement durch Diversifizierung I (Beispiel Landwirtschaft)

I		Eintrittswahrschein-				Handlungsalternativen (a_i):		
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			a_1		a_2	a_3
u_1	Kühles Jahr	$p(u_1)$:	0,250		-10.000,00		-10.000,00	-10.000,00
u_2	Normales Jahr	$p(u_2)$:	0,500		45.000,00		45.000,00	45.000,00
u_3	Warmes Jahr	$p(u_3)$:	0,250		100.000,00		100.000,00	100.000,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	45.000,00	$\mu(a_2)$:	45.000,00	$\mu(a_3)$: 45.000,00
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	1.512.500.000	$\sigma^2(a_2)$):	1.512.500.000	$\sigma^2(a_3)$: 1.512.500.000
	Kovarianz von a_1 und a_2 ($Cov(a_1,a_2)$):				1.512.500.000		Anteil a_1 an a_3 (aa_1)[1]:	0,50
	Korrelation von a_1 und a_2 ($\rho(a_1,a_2)$):				1,0000		Anteil a_2 an a_3 (aa_2)[1]:	0,50

II		Eintrittswahrschein-				Handlungsalternativen (a_i):		
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			a_1		a_2	a_3
u_1	Kühles Jahr	$p(u_1)$:	0,250		-10.000,00		100.000,00	45.000,00
u_2	Normales Jahr	$p(u_2)$:	0,500		45.000,00		45.000,00	45.000,00
u_3	Warmes Jahr	$p(u_3)$:	0,250		100.000,00		-10.000,00	45.000,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	45.000,00	$\mu(a_2)$:	45.000,00	$\mu(a_3)$: 45.000,00
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	1.512.500.000	$\sigma^2(a_2)$):	1.512.500.000	$\sigma^2(a_3)$: 0
	Kovarianz von a_1 und a_2 ($Cov(a_1,a_2)$):				-1.512.500.000		Anteil a_1 an a_3 (aa_1)[1]:	0,50
	Korrelation von a_1 und a_2 ($\rho(a_1,a_2)$):				-1,0000		Anteil a_2 an a_3 (aa_2)[1]:	0,50

Anmerkung: [1]) Die Parameter aa_1 und aa_2 geben die Anteile der Handlungsalternativen a_1 und a_2 an der Handlungsalternative a_3 als quantitative Kombination der Alternativen a_1 und a_2 an.

DECK226

Auswirkungen unterschiedlicher Kovarianzen und Korrelationen auf die relative Vorzüglichkeit von Handlungs-alternativen

(Extrembeispiel)

Aus: Kuhlmann,F.: Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (2006), S. 134

Berechnung von Varianz, Kovarianz und Korrelation

Erwartungswert der Handlungsalternative $\mathrm{a_i}$: $\mu_i = \sum_{j=1}^{J} e_{i,j} \bullet p(u_j)$

Varianz der Handlungsalternative $\mathrm{a_i}$: $Var_i = \sigma_i^2 = \sum_{j=1}^{J} (e_{i,j} - \mu_i)^2 \bullet p(u_j)$

mit

$p(u_j)$ Eintrittswahrscheinlichkeit von Umweltzustand u_j

$e_{i,j}$ Ergebnis der i - ten Handlungsalternative bei Umweltzuständ u_j

μ_i Erwartungswert der Ergebnisse der i - ten Handlungsalternative

Kovarianz zwischen zwei Handlungsalternativen : $Cov[a_1, a_2] = \left(\sum_{j=1}^{2} e_{1,j} \bullet e_{2,j} \bullet p(u_j) \right) - \mu_1 \bullet \mu_2$

mit

$p(u_j)$ verbundene Wahrscheinlichkeit, mit der das Einzelergebnispaar a_1 und a_2 gemeinsam auftritt

Standardabweichung $\sigma = \sqrt{\sigma^2}$

Korrelation zwischen den beiden Handlungsalternativen : $\rho(a_1, a_2) = \frac{Cov(a_1, a_2)}{\sigma(a_1) \bullet \sigma(a_2)}$

Risikomanagement durch Diversifizierung II (Beispiel Landwirtschaft)

I		Eintrittswahrschein-				Handlungsalternativen (a_i):			
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			a_1		a_2		a_3
u_1	Kühles Jahr	$p(u_1)$:	0,250		-10.000,00		15.000,00		2.500,00
u_2	Normales Jahr	$p(u_2)$:	0,500		45.000,00		40.000,00		42.500,00
u_3	Warmes Jahr	$p(u_3)$:	0,250		100.000,00		70.000,00		85.000,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	45.000,00	$\mu(a_2)$:	41.250,00	$\mu(a_3)$:	43.125,00
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	1.512.500.000	$\sigma^2(a_2)$):	379.687.500	$\sigma^2(a_3)$:	851.171.875
	Kovarianz von a_1 und a_2 ($Cov(a_1,a_2)$:				756.250.000		Anteil a_1 an a_3 (aa_1)[1]:		0,50
	Korrelation von a_1 und a_2 ($\rho(a_1,a_2)$):				0,9979		Anteil a_2 an a_3 (aa_2)[1]:		0,50

II		Eintrittswahrschein-				Handlungsalternativen (a_i):			
Umweltzustände (u_j):		lichkeiten $p(u_j)$:			a_1		a_2		a_3
u_1	Kühles Jahr	$p(u_1)$:	0,250		-10.000,00		70.000,00		30.000,00
u_2	Normales Jahr	$p(u_2)$:	0,500		45.000,00		40.000,00		42.500,00
u_3	Warmes Jahr	$p(u_3)$:	0,250		100.000,00		15.000,00		57.500,00
	Erwartungswerte ($\mu(a_i)$):			$\mu(a_1)$:	45.000,00	$\mu(a_2)$:	41.250,00	$\mu(a_3)$:	43.125,00
	Varianzen ($\sigma^2(a_i)$):			$\sigma^2(a_1)$:	1.512.500.000	$\sigma^2(a_2)$):	379.687.500	$\sigma^2(a_3)$:	94.921.875
	Kovarianz von a_1 und a_2 ($Cov(a_1,a_2)$:				-756.250.000		Anteil a_1 an a_3 (aa_1)[1]:		0,50
	Korrelation von a_1 und a_2 ($\rho(a_1,a_2)$):				-0,9979		Anteil a_2 an a_3 (aa_2)[1]:		0,50

Anmerkung : [1]) Die Parameter aa_1 und aa_2 geben die Anteile der Handlungsalternativen a_1 und a_2 an der Handlungsalternative a_3 als quantitative Kombination der Alternativen a_1 und a_2 an.

DECK227

Auswirkungen unterschiedlicher Kovarianzen und Korrelationen auf die relative Vorzüglichkeit von Handlungs-alternativen

Aus: Kuhlmann,F.: Betriebslehre der Agrar- und Ernährungswirtschaft (2006), S. 135

Berechnung von Varianz, Kovarianz und Korrelation

Varianz der Handlungsalternative a_1 :

$$Var_1 = \sigma_1^2 = (-10000 - 45000)^2 \bullet 0{,}25 + (45000 - 45000)^2 \bullet 0{,}5 + (100000 - 45000)^2 \bullet 0{,}25$$

$$Var_1 = \sigma_1^2 = 756250000 + 0 + 756250000 = 1512500000$$

Kovarianz zwischen den beiden Handlungsalternativen a_1 und a_2 :

$$Cov[a_1, a_2] = (-10000) \bullet 15.000 \bullet 0{,}25 + 45.000 \bullet 40.000 \bullet 0{,}5 + 100.000 \bullet 70.000 \bullet 0{,}25 - 45.000 \bullet 41.250$$
$$= 756.250.000$$

Korrelation zwischen den beiden Handlungsalternativen a_1 und a_2

Allgemein: $r = \frac{Cov(a_1 * a_2)}{S_{a_1} * S_{a_2}} \rightarrow bezogen\ auf\ das\ Beispiel: r = \frac{-75\ \ .250.000}{\sqrt{1.512.500.000} * \sqrt{379.687.500}}$=-0,99794027

r	Korrelationskoeffizient
S_{a_1}	Standardabweichung Alternative 1
S_{a_2}	Standardabweichung Alternative 2