

Online Appendix.

-

Eliciting ambiguity with mixing bets.

Patrick Schmidt
University of Zurich

1 Optimal mixing without separation of ambiguity perception

The belief interval is interpreted as the set of relevant probability measures. This interpretation is not appropriate for preferences that do not allow to uniquely define such a set of measures. For general preference classes, a separation of ambiguity perception and ambiguity attitude is infeasible (for further references see Siniscalchi, 2006; Klibanoff et al., 2014; Ghirardato and Siniscalchi, 2012). Nevertheless, mixing bets are informative about ambiguity perception under such preferences.

1.1 α -maxmin preferences

Consider α -maxmin preferences with prior probabilities C .

Regularity Conditions 1 (α -maxmin). *The agent holds ambiguity averse α -maxmin preferences with priors $C = [a, b]$ with $0 \leq a \leq b \leq 1$ on the event E . In particular, the preferences can be represented by*

$$U(l) = \alpha \min_{p \in C} \mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))] + (1 - \alpha) \max_{p \in C} \mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))]$$

for some $\alpha > 0.5$ and a strictly increasing utility function u .

The set of priors C is generally not unique (Siniscalchi, 2006). To avoid confusion with the belief interval B , which reflects ambiguity perception that is independent of the representation of the preferences, the set of priors is denoted by C .

Lemma 1 (α -maxmin). *The optimal mixing for α -maxmin preferences as in Regularity Conditions 1 is*

$$x^*(q) = \begin{cases} 1 & \text{if } 1 - q < \alpha a + (1 - \alpha)b \\ 1 - q & \text{if } \alpha a + (1 - \alpha)b < 1 - q < \alpha b + (1 - \alpha)a \\ 0 & \text{if } 1 - q > \alpha b + (1 - \alpha)a. \end{cases}$$

Note that (up to regularity conditions) the mixing interval identifies the set of plausible priors (Corollary 2.8, Siniscalchi, 2006).

Proof of Lemma 1. We apply Lemma 1 of the main paper and obtain the simplified optimization problem

$$x^* = \arg \max_{x \in [0,1]} \alpha \min_{p \in C} s(q, x, p) + (1 - \alpha) \max_{p \in C} s(q, x, p).$$

The solution is independent of affine transformations to the expected utility and therefore independent of the utility difference in prizes $u_\Delta = u(w) - u(0)$. The agent values the resulting bets as a function of x by

$$U(x) = \alpha \min_{p \in C} s(q, x, p) + (1 - \alpha) \max_{p \in C} s(q, x, p) \quad (1)$$

$$= \alpha \left\{ \begin{array}{l} 1 - x - q + xq + b(x - (1 - q)) \text{ if } x < 1 - q \\ 1 - x - q + xq + a(x - (1 - q)) \text{ if } x \geq 1 - q \end{array} \right\} + \quad (2)$$

$$(1 - \alpha) \left\{ \begin{array}{l} 1 - x - q + xq + a(x - (1 - q)) \text{ if } x < 1 - q \\ 1 - x - q + xq + b(x - (1 - q)) \text{ if } x \geq 1 - q \end{array} \right\} \quad (3)$$

$$= 1 - x - q + xq + \left\{ \begin{array}{l} (\alpha b + (1 - \alpha)a)(x - (1 - q)) \text{ if } x < 1 - q \\ (\alpha a + (1 - \alpha)b)(x - (1 - q)) \text{ if } x \geq 1 - q \end{array} \right\} \quad (4)$$

Effectively, the agent assumes $\overline{\alpha b} = \alpha b + (1 - \alpha)a$ if she bets little on E and $\overline{\alpha a} = \alpha a + (1 - \alpha)b$ if she bets heavily on E . The two cases can easily be solved.

- First case ($x < 1 - q$):

The value for the agent is $U(x) = 1 - x - q + xq + \overline{\alpha b}(x - (1 - q)) = x(q - (1 - \overline{\alpha b})) + 1 - q - \overline{\alpha b} + \overline{\alpha b}q$, which implies the optimal mixing

$$x^* = \begin{cases} 1 - q & \text{if } q > 1 - \overline{\alpha b} \\ [0, 1 - q] & \text{if } q = 1 - \overline{\alpha b} \\ 0 & \text{if } q < 1 - \overline{\alpha b}. \end{cases}$$

- Second case ($x \geq 1 - q$):

The value for the agent is $U(x) = 1 - x - q + xq + \overline{\alpha a}(x - (1 - q)) = x(q - (1 - \overline{\alpha a})) + 1 - q - \overline{\alpha a} + \overline{\alpha a}q$, which implies the optimal mixing

$$x^* = \begin{cases} 1 & \text{if } q > 1 - \overline{\alpha a} \\ [1 - q, 1] & \text{if } q = 1 - \overline{\alpha a} \\ 1 - q & \text{if } q < 1 - \overline{\alpha a}. \end{cases}$$

□

From Lemma 1, we deduce that an α -maxmin agent mixes on a smaller interval than a maxmin agent. If we wrongly assumed that $\alpha = 1$, the length of the prior interval would be underestimated. To identify the prior set C , it is necessary to elicit the individual ambiguity aversion quantified by the parameter α . Several approaches are known in the literature. Sutter et al. (2013) use choice lists to bound the certainty equivalence of Ellsberg-type urns. Dimmock et al. (2016) elicit choices between Ellsberg-type urns and urns with known

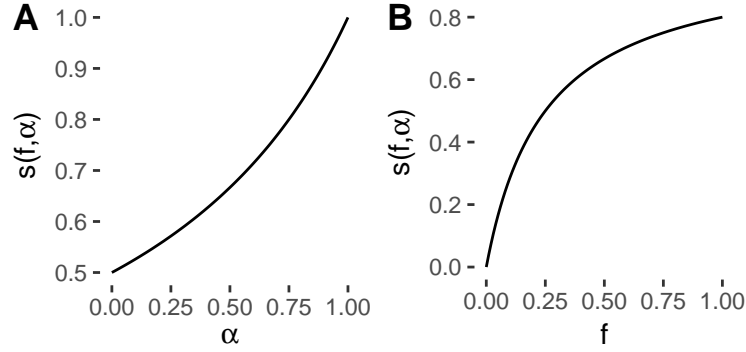


Figure 1: Figure A plots switching point $s(f, \alpha)$ for $f = 1$ and Figure B for fixed $\alpha = 0.75$.

probabilities. For recent contributions see also Abdellaoui et al. (2021), Hill (2023), Bose and Daripa (2022), and Bleichrodt et al. (2023).

Under the assumption that the experimentally generated ambiguity is perceived as planned, mixing bets on artificial ambiguous events can be used to elicit ambiguity aversion for α -maxmin preferences. Given such a artificially generated ambiguous event E_A with unknown probability $p \in C$, the mixing bet mechanism can be applied. Considering an artificial event E_A that is fully ambiguous with $p \in [0, 1]$. A mixing interval of $[0, 1]$ indicates $\alpha = 1$ and no mixing indicates $\alpha \leq \frac{1}{2}$.

Alternatively, any α (including ambiguity seeking for $\alpha \leq \frac{1}{2}$) can be identified if an additional risky event is considered. We generate two artificial events: The fixed event E_f has a binomial distribution with fixed probability f and the ambiguous event E_A has a binomial distribution with unknown probability $p \in [0, 1]$. The agent can bet on E_f and E_A with quota q and $1 - q$. Let x denote the amount of acts put on the fixed event E_f .

Lemma 2. *If the agent's preferences for acts over E_f and E_A can be represented by α -maxmin preferences with prior set $\mathbb{P} = f \times [0, 1]$, the optimal mixing is*

$$x^*(q) = \begin{cases} 0 & \text{if } 1 - q > s(f, \alpha) \\ [0, 1] & \text{if } 1 - q = s(f, \alpha) \\ 1 & \text{if } 1 - q < s(f, \alpha), \end{cases}$$

where the switching point is $s(f, \alpha) = f/(f + 1 - \alpha)$.

Proof of Lemma 2. By Lemma 1 of the main paper the agent maximizes

$$\begin{aligned} U(x) &= \alpha[f x q] + (1 - \alpha)[f x q + (1 - x)(1 - q)] \\ &= x(f q - 1 + \alpha + q - \alpha q) + 1 - \alpha - q + \alpha q \end{aligned}$$

Trivially, the evaluation is linear in x and the optimal mixing is $x^* = 1$ if $1 - q < \frac{f}{f+1-\alpha}$. It follows that the switching point is $s(f, \alpha) = f/(f + 1 - \alpha)$. □

Eliciting the mixing preferences for various quotas q bounds the switching point $s(f, \alpha)$, which in turn provides bounds on α . Figure 1 illustrates how the switching point depends on α if the probability of the fixed probability event is set to 1. In this case, the agent chooses between betting on the ambiguous event or keeping the lottery tickets. Subsequently, the prior interval can be computed based on the elicited mixing interval $M = [a_m, b_m]$ by

$$a = \frac{\alpha(a_m + b_m) - b_m}{2\alpha - 1} \quad \text{and} \quad b = \frac{\alpha(a_m + b_m) - a_m}{2\alpha - 1}.$$

Importantly, the elicited α is only useful for identifying the prior interval for natural events under the assumption that α is constant across the two domains and that the induced priors of the agent about the ambiguous event are indeed representable by the unit interval $[0, 1]$. Note that the prior interval is an insightful concept if we are willing to assume that the agent *acts as if* following one of the discussed preferences. The elicitation of ambiguity attitude assumes additionally that a specific ambiguity perception (in the case of α -maxmin preferences a specific prior interval) can be induced. See Halevy (2007) and Abdellaoui et al. (2015) for experimental evidence on different evaluations between compound lotteries and ambiguous prospects.

1.2 Choquet expected utility (CEU) and biseparable preferences

This section covers biseparable preferences and as a special case CEU preferences.

First, let us consider biseparable preferences over lotteries in an Anscombe-Aumann framework. Let $[p]$ denote the objective lottery that pays out w with probability p and 0 with probability $1 - p$. Let xEy denote the act that pays lottery x if E realizes and lottery y otherwise. Then, the mixing bet with prize w , quote q and response x can be described as

$$l(x, q, w) = [xq]E[xq + 1 - q - x].$$

Regularity Conditions 2 (biseparable over lotteries). *The agent holds ambiguity averse biseparable preferences over lotteries.*

In particular, there exists a capacity v with $v(E) + v(E^c) \leq 1$ and for any binary act $[p]E[p']$ with $[p] \succ [p']$ the preferences can be represented by

$$U([p]E[p']) = pv(E) + p'(1 - v(E)).$$

Biseparable preferences over lotteries assume expected utility for the lotteries. In line with Ghirardato and Marinacci (2002) an event is perceived as ambiguous if $v(E) \neq 1 - v(E^c) \iff v(E) + v(E^c) \neq 1$.

Lemma 3 (biseparable over lotteries). *The optimal mixing for biseparable preferences as in Regularity Conditions 2 is*

$$x^*(q) = \begin{cases} 1 & \text{if } 1 - q < v(E) \\ 1 - q & \text{if } v(E) < 1 - q < 1 - v(E^c) \\ 0 & \text{if } 1 - v(E^c) < 1 - q \end{cases}$$

Note that, the length of the mixing interval $1 - v(E^c) - v(E)$ has been used as ambiguity aversion index (e.g., Dow and Werlang, 1992).

Proof of Lemma 3. If $x > 1 - q$, $[xq] \succ [xq + 1 - q - x]$ and the utility functional is

$$\begin{aligned} U(x) &= xqv(E) + (xq + 1 - q - x)(1 - v(E)) \\ &= x(v(E) - (1 - q)) + 1 - q - v(E)(1 - q), \end{aligned}$$

and thus linear in x . If $v(E) > 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1$. If $v(E) < 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1 - q$.

If $x < 1 - q$, $[xq + 1 - q - x] \succ [xq]$ and the utility functional is

$$\begin{aligned} U(x) &= xq(1 - v(E^c)) + (xq + 1 - q - x)v(E^c) \\ &= x(1 - v(E^c) - (1 - q)) + (1 - q)v(E^c) \end{aligned}$$

and thus linear in x . If $1 - v(E^c) > 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1 - q$. If $1 - v(E^c) < 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 0$. \square

In the following, I consider general biseparable preferences on Savage style acts, where a similar result can be obtained under assumptions on the capacity v . Let $wW0$ denote the binary act that pays w if the event W realizes and 0 otherwise. The mixing bet with prize w , quote q , randomization device r , and response x can be described as

$$l(x, q, w) = wW0,$$

where $W = \{s \in S \mid (r \leq xq \wedge E) \vee (r \leq xq + 1 - q - x \wedge E^c)\}$.

Regularity Conditions 3 (biseparable). *The agent holds ambiguity averse biseparable preferences. In particular, $v(E) + v(E^c) < 1$ and for any event W and binary act $wW0$ with $w \succ 0$ the preferences can be represented by*

$$U(wW0) = u(w)v(W)$$

for some capacity v and some strictly increasing utility function u . Further, the event E and the random variable r are independent, i.e.

$$v(E \wedge r \leq x) = v(E)v(r \leq x) \quad \text{for } x \in [0, 1],$$

and the random variable r is uniformly distributed, i.e.

$$v(r \leq x) = x \quad \text{for } x \in [0, 1].$$

The representation above standardizes $u(0) = 0$ without loss of generality. In essence, the regularity conditions allow general biseparable preferences, but impose expected utility and independence for the random variable r . For details on independence for capacities see Ghirardato (1997), where Theorem 2 establishes that the product measure is well-defined as the marginal on r is additive.

Lemma 4 (biseparable). *The optimal mixing for biseparable preferences as in Regularity Conditions 3 is*

$$x^*(q) = \begin{cases} 1 & \text{if } 1 - q < v(E) \\ 1 - q & \text{if } v(E) < 1 - q < 1 - v(E^c) \\ 0 & \text{if } 1 - v(E^c) < 1 - q \end{cases}$$

Proof of Lemma 4. If $x > 1 - q$, it holds that $xq > xq + 1 - q - x$ and

$$\begin{aligned} W &= \{s \in S \mid (r \leq xq \wedge E) \vee (r \leq xq + 1 - q - x \wedge E^c)\}. \\ &= \{s \in S \mid (r \leq xq + 1 - q - x) \vee (r \in [xq + 1 - q - x, xq] \wedge E)\} \end{aligned}$$

The utility functional is

$$\begin{aligned} U(x) &= u(w)v(W) \\ &= u(w)[v(r \leq xq + 1 - q - x) + v(r \in [xq + 1 - q - x, xq] \wedge E)] \\ &= u(w)[(xq + 1 - q - x) + (x - (1 - q))v(E)] \\ &= u(w)[x(v(E) - (1 - q)) + 1 - q - v(E)(1 - q)] \end{aligned}$$

and thus linear in x . If $v(E) > 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1$. If $v(E) < 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1 - q$. If $x < 1 - q$, it holds that

$$W = \{s \in S \mid (r \leq xq) \vee (r \in [xq, xq + 1 - q - x] \wedge E^c)\}$$

The utility functional is

$$\begin{aligned} U(x) &= u(w)v(W) \\ &= u(w)[v(r \leq xq) + v(r \in [xq, xq + 1 - q - x] \wedge E^c)] \\ &= u(w)[xq + ((1 - q) - x)v(E^c)] \\ &= u(w)[x(1 - v(E^c) - (1 - q)) + v(E^c)(1 - q)] \end{aligned}$$

and thus linear in x . If $1 - v(E^c) > 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 1 - q$. If $1 - v(E^c) < 1 - q$ the optimal mixing is $x^*(q) = 0$. \square

Biseparable preferences determine the representation on binary acts only. While this is sufficient to compute optimal mixing, an interpretation of the mixing interval as relevant measures is not appropriate. Consider α -maxmin as example, which are also biseparable preferences (Ghirardato and Marinacci, 2001), that potentially have a larger prior set C than $[v(E), 1 - v(E^c)]$.

For ambiguity averse CEU preferences, the mixing interval identifies the core of the capacity.

Regularity Conditions 4 (CEU). *The agent holds ambiguity averse CEU preferences with a capacity as in Regularity Conditions 3.*

By Lemma 4, for CEU preferences the mixing interval is identical to the marginal core $[v(E), 1 - v(E^c)]$. As ambiguity averse CEU preferences are a special case of maxmin preferences, where the core of the CEU preferences constitutes the set of priors for maxmin preferences (Schmeidler, 1989), this result also follows from Lemma 2. Note that Klibanoff (2001) establishes that the existence of an independent randomization device implies a non-convexity of the capacity in CEU.

1.3 General ambiguity averse preferences

Cerreia-Vioglio et al. (2011) provide a general class of uncertainty averse preferences.

Regularity Conditions 5 (uncertainty averse). *The agent holds uncertainty averse preferences with prior set $C = [a, b]$ about the event E . In particular, the preferences can be represented by*

$$U(l) = \min_{p \in C} G(\mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))], p)$$

for some strictly increasing utility function $u : \mathcal{X} \rightarrow \mathbb{R}$ and some quasi convex G that is increasing in its first argument and $\min_{p \in B} G(t, p) = t$.

Under continuity and unboundedness (compare assumption A.5 and A.6 in Cerreia-Vioglio et al., 2011), the minimal G is unique and the prior set C can be interpreted as the set of relevant measures. See Klibanoff et al. (2018) for a discussion of the connection between Bewley style sets and relevant measures.

A similar line of arguments applies. Outside of the prior set, it follows by monotonicity of G that it is optimal to choose $x^* = 1$ and $x^* = 0$ respectively. Thus, mixing implies that $1 - q$ is an element of the prior set. Further, an increasing utility difference u_Δ for bounded G functions is equivalent to increasing ambiguity aversion for constant utility difference. The mixing interval converges to C , as a maximally ambiguity averse index is represented by maxmin preferences.

2 Ambiguity-seeking smooth second-order preferences

This section extends the results for second-order preferences from Section 2.4 to separated mixing bets.

Regularity Conditions 6. *The agent holds beliefs \mathbb{P} in form of a distribution over $[0, 1]$ with support $B = [a, b]$ with $0 \leq a \leq b \leq 1$ about the event E and has ambiguity-seeking smooth second-order preferences. In particular, the preferences over acts $l(E)$ can be represented by*

$$U(l) = \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[\phi(\mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))])]$$

for some strictly increasing utility function u and some strictly increasing, convex, and twice continuously differentiable second-order utility function ϕ .

Regularity Conditions 6 are identical to the assumption in Section 2.4 except for the convex second-order utility function ϕ .

Lemma 5. *The optimal mixing for a mixing bet with prize w of an ambiguity-averse agent with second-order preferences as in Regularity Conditions 6 is*

$$x_E^*(q) = \begin{cases} 1 & \text{if } \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p] + \epsilon > 1 - q \\ 1 - q & \text{if } b \leq 1 - q \end{cases} \quad \text{and} \quad x_C^*(q) = \begin{cases} 0 & \text{if } \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p] - \epsilon < 1 - q \\ 1 - q & \text{if } a \geq 1 - q \end{cases}$$

for some $\epsilon > 0$. In particular it holds that $\mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p] \in N_{uw}$.

Note that the non-mixing is guaranteed in an environment around $\mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p]$. Without additional assumptions, the best response may shift multiple times beyond said environment and the end of the belief interval, where mixing is the dominant strategy for $x_E^*(q)$ or $x_C^*(q)$.

Proof of Lemma 5. We focus on x_E^* , which can fall in the interval $[1 - q, 1]$. The results for x_C^* follow analogously. As in Proof of Lemma 4, we have

$$(\partial_x)^2 U(x, q) = \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[\phi_t''(s(q, x, p))(p - (1 - q))^2],$$

which in turn implies that $U(x, q)$ is convex in x as $\phi_t'' \geq 0$. As a consequence we have a corner solution with $x_E^*(q) \in \{1 - q, 1\}$.

Consider the case that $1 - q \geq b$. For the same argument as in proof of Lemma 4 it follows that $x_E^*(q) = 1 - q$.

Consider the case that $1 - q < \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p]$. We have that

$$\partial_x U(1, q) = \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[\phi_t'(pq)(p - (1 - q))] > \phi_t'(bq)(\mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p] - (1 - q)) > 0.$$

Consequently, $x_E^*(q) = 1$.

Consider the utility difference between the two possible corner solution

$$\Delta(q) := U(1, q) - U(1 - q, q) = \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[\phi(pq) - \phi(q(1 - q))].$$

If ϕ is strictly convex and \mathbb{P} not a point mass, it follows by Jensen's inequality that $\Delta(q) > 0$. So, $x_E^*(1 - \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p]) = 1$. As $\Delta(q)$ is continuous in q , there exists a $\epsilon > 0$ such that $x_E^*(1 - \mathbb{E}_{p \sim \mathbb{P}}[p] + \epsilon) = 1$. □

3 Additional empirical results

Table 1 provides the full regression results with participant and domain fixed effects referred to in the main paper. For mixing intensity, the domain fixed effects are estimated close to

	<i>Dependent variable:</i>					
	mixing intensity		multiple mixing		probability	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
ambiguous		0.03 (0.05)		0.28** (0.11)		0.03 (0.03)
stock		0.05 (0.06)		0.24* (0.13)		0.13*** (0.04)
social		0.04 (0.07)		0.20 (0.13)		0.08** (0.04)
Fixed effects	participant	domain	participant	domain	participant	domain
Observations	146	146	146	146	146	146
Adjusted R ²	0.46	-0.02	0.09	0.03	-0.32	0.08

Note:

*p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Table 1: **Least squares regressions with participant or domain fixed effects.** The dependent variable is mixing intensity, multiple mixing, and probability (midpoint of the mixing interval). As in the main analysis, mixing intensity is measured with the continuous elicitation and the two other dependent variables with the discrete elicitation. Observations are only considered if the continuous elicitation was not omitted. The standard errors are denoted in parentheses.

zero indicating no difference between the domains. For multiple mixing and probability the domain fixed effects obtain estimates different from zero and the participant fixed effects have much less explanatory power. The adjusted R^2 in the regressions with participant fixed effects is highest for mixing intensity, again indicating that mixing intensity is more participant specific than multiple mixing or probability.

Table 2 provides the full regression results for cooperation referred to in the main paper.

	cooperation
mixing intensity (<i>s</i>)	-0.04 (0.05)
risk aversion (<i>s</i>)	0.01 (0.05)
multiple mixing (<i>s</i>)	0.02 (0.05)
probability of cooperation (<i>s</i>)	0.24*** (0.05)
Constant	0.54*** (0.05)
Observations	76
R ²	0.22

Note: *p<0.1; **p<0.05; ***p<0.01

Table 2: **Least squares regressions of cooperation.** The dependent variable cooperation is a dummy variable that is 1 if the participant cooperated in the prisoner’s dilemma game. Multiple mixing is a dummy variable that is 1 if the participant mixed for more than one quota in the social domain indicating ambiguity perception. Covariates marked with (*s*) were standardized. The standard errors are denoted in parentheses.

4 Probability weighting with neo-additive preferences

Baillon and Placido (2019) construct tests of constant ambiguity aversion that are robust to probability weighting in form of the neo-additive weighting function (Chateauneuf et al., 2007) by avoiding certainty and impossibility effects. A similar approach is possible for mixing bets by transforming the scale of payout lotteries from xq to $c_1 + c_2xq$ with $c_1, c_2 > 0$, $c_1 < 1$, and $c_2 < \min((1 - c_1)/q, (1 - c_1)/(1 - q))$.

We consider the preferences in Section 2 but relax the assumption of expected utility for lotteries (compare Corollary 1 in Klibanoff et al. (2005) and Appendix C in Baillon and Placido (2019)) by substituting the expected utility $\mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))]$ in the Anscombe-Aumann framework with probability weighting on lotteries. After standardizing $u(0) = 0$ and $u(w) = 1$, we obtain

$$\mathbb{E}_{s \sim p}^W[u(l(s))] = pW(c_1 + c_2xq) + (1 - p)W(c_1 + c_2(1 - x)(1 - q)),$$

where $W(p) = \frac{\gamma_a - \gamma_b}{2} + (1 - \gamma_a)p$ recovers the neo-additive model such that γ_a and γ_b match the insensitivity and pessimism indices defined by Abdellaoui et al. (2011).

In analogy to Lemma 1 in the main paper one can show by simple algebra that

$$\mathbb{E}_{s \sim p}^W[u(l(s))] = C + (1 - \gamma_a)c_2s(q, x, p),$$

where the term $C = \frac{\gamma_a - \gamma_b}{2} + (1 - \gamma_a)c_1$ is independent of x such that $\mathbb{E}_{s \sim p}^W[u(l(s))]$ is a linear transformation of $\mathbb{E}_{s \sim p}[u(l(s))] = s(q, x, p)$. As $(1 - \gamma_a)c_2 > 0$, the best responses to mixing bets derived in Section 2 of the main paper remain unchanged.

See Section 5.6 below for examples of how non-linear probability weighting can influence mixing choices.

5 The stochastic choice model

This section details implementation, priors, and estimation results of the structural stochastic choice model.

5.1 Implementation

The MCMC procedure was implemented in JAGS (Plummer, 2015). To improve computational efficiency and enable the usage of standard probabilistic programming tools the minimum operator in the variational preferences was computed beforehand on a grid of possible parameter values, instead of repeating the operation in each MCMC step. Thus, the length of the belief interval l , the midpoint of the belief interval m , ambiguity attitude θ and insensitivity γ are defined on a discrete grid.

For the MCMC procedure, four chains were simulated with 100.000 draws each, that were thinned to a total of 10.000 posterior draws. Convergence was checked based on the Rhat-statistic (Gelman and Rubin, 1992) that was below 1.1 for all parameters.

variable	conditional prior
midpoint m_{dp}	probabilities p_d^m on $\{0, \frac{1}{6}, \dots, 1\}$
probabilities p_d^m	$D(1, \dots, 1)$
length l_{dp}	probabilities p_d^l on $\{0, \frac{1}{6}, \dots, 1\}$
probabilities p_d^l	$D(\frac{5}{10}, \frac{1}{10}, \dots, \frac{1}{10})$
ambiguity attitude θ	probabilities p_d^θ on $\{0, 1, 2, 3\}$
probabilities p_d^θ	$D(3, 1, \dots, 1)$
insensitivity γ	uniform on $\{0.5, 0.6, \dots, 1\}$
noise parameter σ	$HN(\mu_\sigma, sd_\sigma^2)$
hyper-parameter μ_σ	$HN(0, 100^2)$
hyper-parameter sd_σ	$HN(0, 100^2)$
utility differences β_v for $v \in h, c$	$HN(\mu_{\beta_v}, sd_{\beta_v}^2)$
hyper-parameter μ_{β_v}	$N(0, 1)$ for $v \in h, c$
hyper-parameter sd_{β_v}	$HN(0, 1)$ for $v \in h, c$
fixed effects ϵ_k $k \in 0, 0.1, \dots, 1$	$N(0, sd_\epsilon^2)$
hyper-parameter sd_ϵ	$HN(0, 1)$

Table 3: **Priors for hierarchical model.** $D(p)$ denotes a Dirichlet distribution with parameter vector p . $N(\mu, sd^2)$ a Gaussian distribution with mean μ and standard deviation sd . $HN(\mu, sd^2)$ a Half-Gaussian distribution where the underlying Gaussian has mean μ and standard deviation sd . Parameters with subscript dp are domain- and participant-specific. Parameters with subscript d are domain specific and estimated for $d \in \{”ambiguity”, ”risk”, ”stock”, ”social”\}$.

5.2 Priors

All prior distributions are denoted in Table 3. Participant-specific parameters are estimated with hyper-parameters allowing for variable-specific means and standard deviation. For positive variables, Half-Gaussian distributions are used. For variables on the discrete grid, Dirichlet hyper-priors are used. Dirichlet hyper-priors are chosen flat for the midpoint of the belief interval. For the length l and θ they are chosen such that $l = 0$ (no ambiguity) and $\theta = 0$ (maxmin-type) have a prior probability of 50%. The Dirichlet values for l are further multiplied by $\frac{1}{10}$ to avoid a strong influence of the prior. For the insensitivity parameter γ a uniform prior is imposed as the main goal is to check robustness to a wide range of probability weighting, not estimating its distribution. The hyper-priors for σ, β_c, β_h , and ϵ are chosen such that they are almost uninformative. Note that utility values are standardized to fall within the interval $[0, 1]$ such that hyper-priors for the utility differences β_c, β_h , and ϵ are indeed widely spread. All domains have identical priors to see if risk and ambiguity can be distinguished without additional input.

In total, the model has 1144 individual-specific parameters that are estimated on 3481 observed choices.

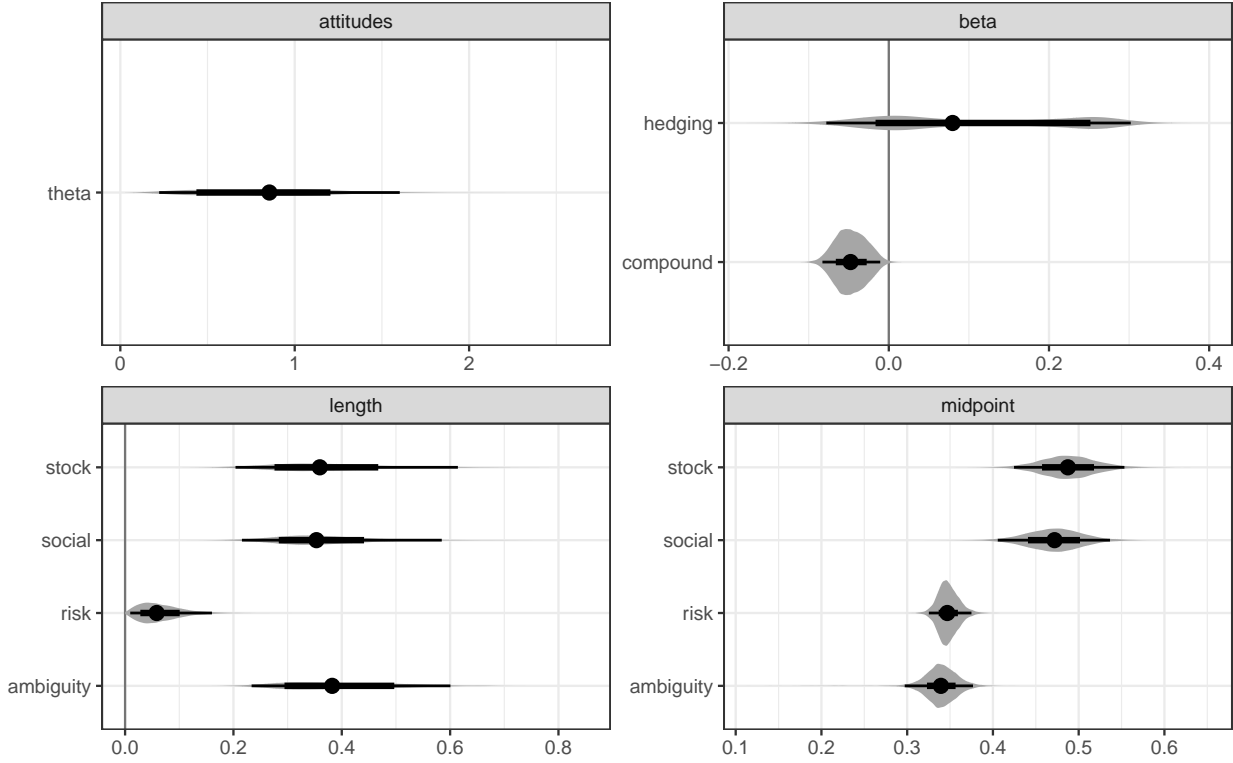


Figure 2: **Posterior distribution for hyper-parameters.** The plot depicts posterior distributions of the hyper-parameters where the lines represent 66%- and 95%-credible sets.

5.3 Estimation results: hyper-parameters

The main paper focuses on participant-specific results. The hyper-parameters can be used to provide inference on the representative agent (Gao et al., 2023). We observe that the ambiguity attitude is close to maxmin ($\theta = 0$), but distinctly different. Further, preferences for hedging and against compound objects is observed, where only the latter is significantly different at the 5%-level. Ambiguity perception differs strongly between the risky and the ambiguous draw from the Ellsberg urn. The two natural events are closer in ambiguity perception to the ambiguous draw than to the risky draw. The representative beliefs in form of the midpoint are sharply estimated.

variable	zero	positive	mode = zero	mean	reject zero
compound		0.17		-0.05	0.27
hedging		0.97		0.11	0.00
insensitivity		1.00		0.85	1.00
length ambiguity	0.41		0.56	0.40	0.17
length risk	0.91		0.98	0.06	0.01
length social	0.26		0.57	0.36	0.10
length stock	0.46		0.81	0.37	0.09
sigma		1.00		16.30	1.00
theta	0.51	1.00	0.68	0.81	0.00

Table 4: **Summary statistics on participant-specific parameters.** The table depicts the average across participants for the variable v : zero (probability of $v = 0$, grid variables), positive (probability of $v > 0$, continuous variables), mode = zero (posterior mode is zero, discrete variables), mean (posterior mean), and reject zero (90%-credible set excludes zero).

5.4 Estimation results: Participant-specific parameters

The participant-specific mean posterior estimates are illustrated in Figure 9 in the main paper. Here, additional statistics are given in Table 4 as a reference table for the statements in the main paper.

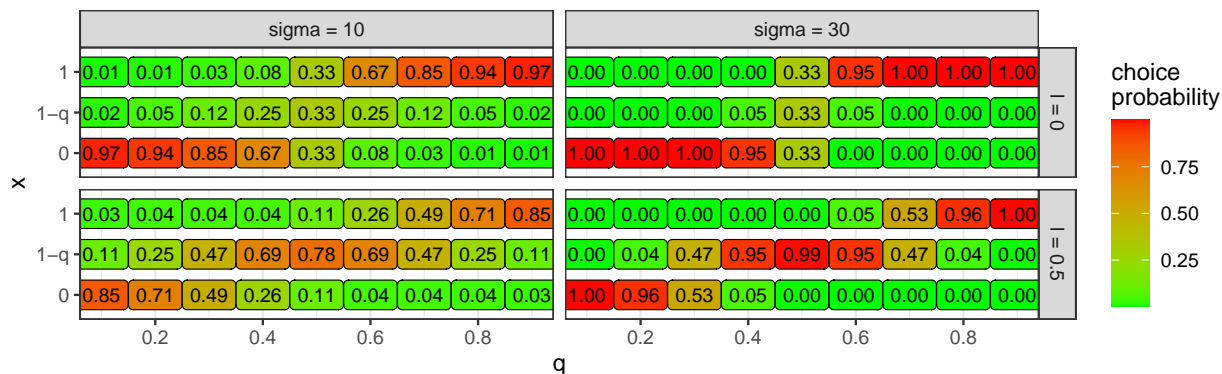


Figure 3: **Choice probabilities for discrete elicitation.** The plot depicts choice probabilities for the discrete mixing bet with $x \in \{0, 1 - q, 1\}$. The first row is computed without ambiguity perception, the second row with ambiguity perception. The midpoint of the belief interval is fixed at 0.5 throughout. The first column depicts probabilities for a low sigma value (high noise), the second column for a high sigma value (low noise).

5.5 Choice probabilities

The amount of noise in the logit specification is difficult to judge without additional information. Figure 3 and 4 provide the actual choice probabilities for $\sigma = 10$ and $\sigma = 30$ once without ambiguity perception ($l = 0$), and once with ambiguity ($l = 0.5$). All choice probabilities are based on a midpoint $m = 0.5$ and utility differences for hedging and compound objects at the average posterior mean. Most participants fall within this range of noise. We observe considerable deviation from deterministic preferences even for $\sigma = 30$ and considerable signal in the responses even for $\sigma = 10$.

Figure 5 illustrates the likelihood of deviating from the best response. We observe that even for low values of σ the majority of choices is consistent with the deterministic best response. For large values of σ the probability of deviating falls below 10%. No large differences can be observed with respect to ambiguity attitude θ or the length of the belief interval l . Figure 6 summarizes the noise for the continuous elicitation by showing the expected absolute deviation from the deterministic best response.



Figure 4: **Choice probabilities for continuous elicitation.** The plot depicts choice probabilities for the discrete mixing bet with $x \in \{0, 1 - q, 1\}$. The first row is computed without ambiguity perception, the second row with ambiguity perception. The midpoint of the belief interval is fixed at 0.5 throughout. The first column depicts probabilities for a low sigma value (high noise), the second column for a high sigma value (low noise).

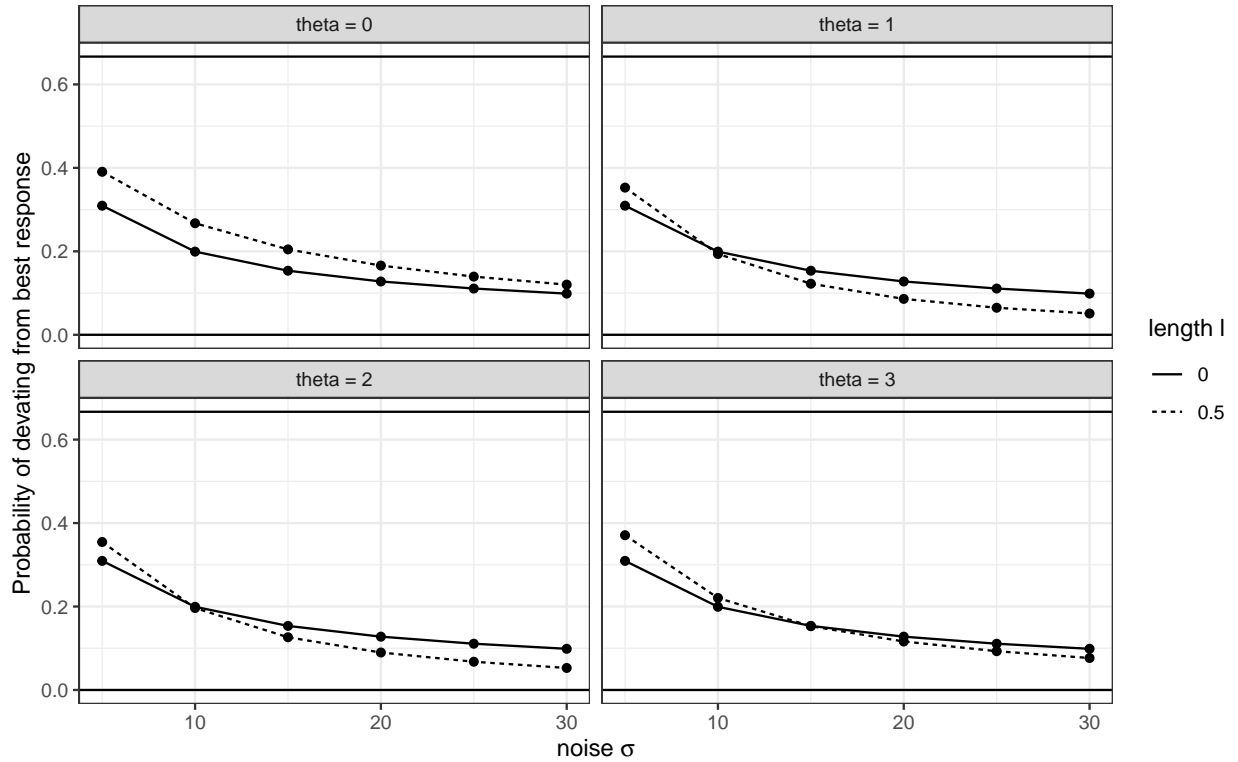


Figure 5: **Probability of deviating from best responses by noise σ for the discrete elicitation.** The plot depicts the expected probability that choices deviate from the deterministic best response. The midpoint of the belief interval is fixed at 0.5. The remaining variables are fixed at their estimated posterior means. The black lines denote the best case (deterministic preferences with deviating probability = 0) and the worst case (entirely random answers with deviating probability = $\frac{2}{3}$)

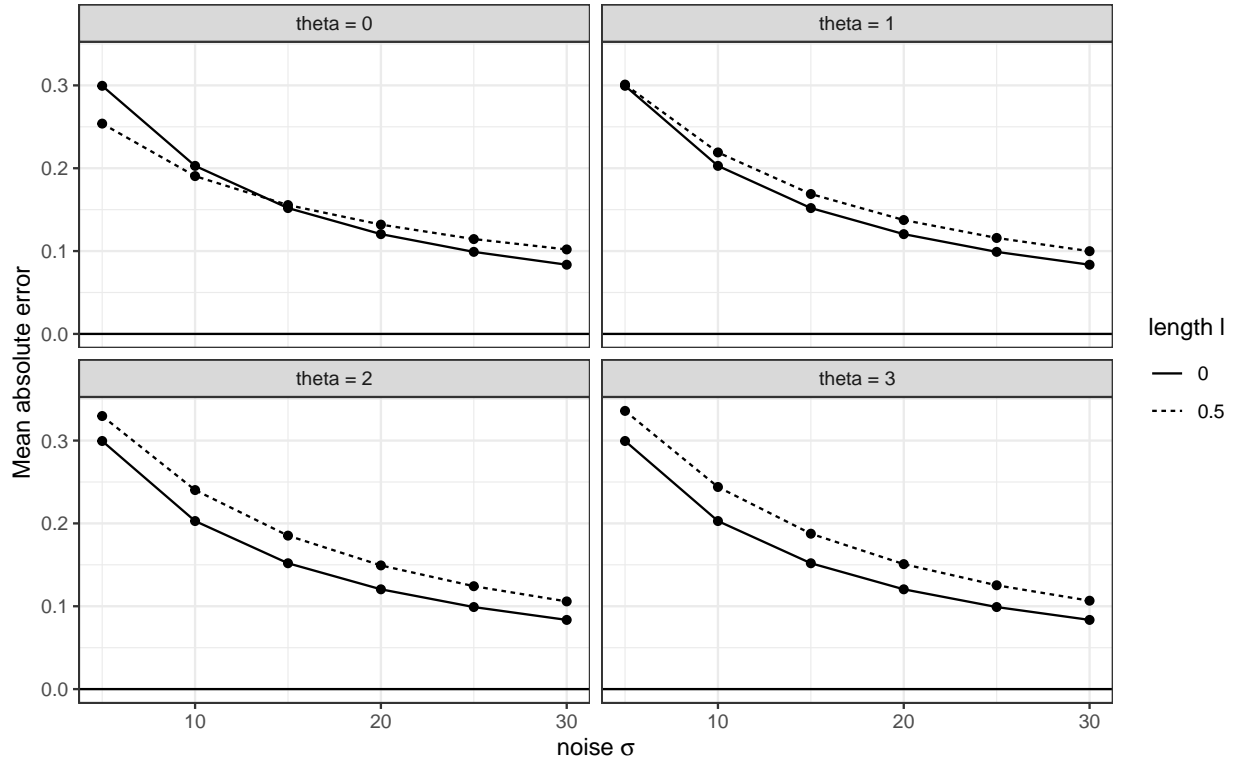


Figure 6: Mean absolute error between best response and actual choice by noise σ for **continuous elicitation**. The plot depicts the mean difference between choice and best response for the deterministic preferences. The midpoint of the belief interval is fixed at 0.5. The remaining variables are fixed at their estimated posterior means.

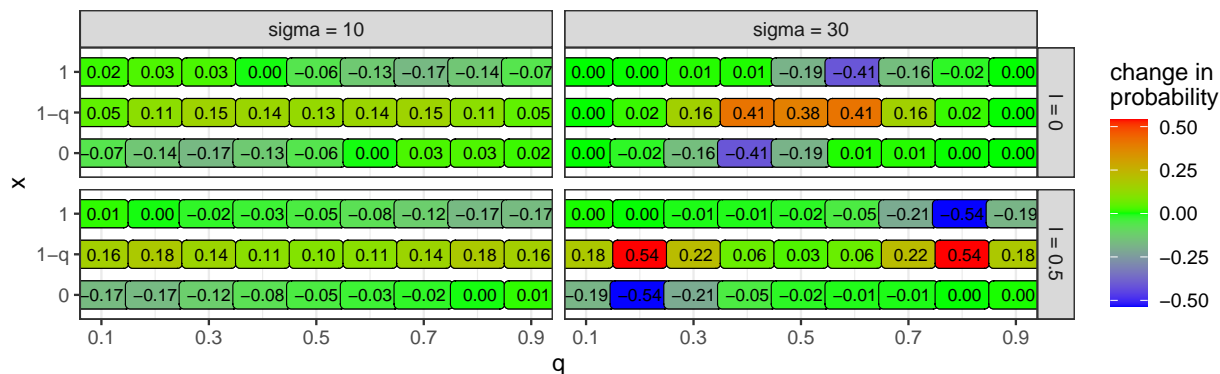


Figure 7: **Changes in choice probabilities due to insensitivity for the discrete elicitation with standardized odds.** The plot depicts changes in choice probabilities if preferences use probability weighting on lotteries. Odds are standardized and sum up to 1. Positive values indicate higher probabilities under insensitivity than under expected utility. A Prelec-type function is used with insensitivity parameter 0.7. Scenarios with high noise ($\sigma = 10$), low noise ($\sigma = 30$), no ambiguity ($l = 0$), and ambiguity ($l = 0.5$) are shown.

5.6 Probability weighting

This subsection illustrates how choice probabilities change under insensitivity in probability weighting. The plots illustrate changes in choice probabilities if expected utility for lotteries is substituted by probability weighting. Under expected utility, scaling the odds of the event and the complement in mixing bets does not change the best response. Under probability weighting the scaling of odds can make a difference. Here, we consider two scaling choices. First, the *standardized odds* with lotteries $[xq]$ and $[(1-x)(1-q)]$, where odds add up to 1. Second, the *scaled odds* with lotteries $[cq]$ and $[c(1-x)(1-q)]$, where $c = \max(\frac{1}{q}, \frac{1}{1-q})$ such that betting on one of the events implies certainty. The *scaled odds* were used in the experiment.

The scenarios under consideration are taken from Figure 3 and 4. First, we observe that for standardized odds insensitivity can increase mixing (Figure 7). This effect is strongest for values of q , where preferences are otherwise indifferent (at the center for $l = 0$ and around 0.25 and 0.75 for $l = 0.5$).

For scaled odds, as used in the experiment, the effect is not as strong and not uniformly inducing more mixing (Figure 8). Insensitivity leads to more mixing for extreme odds and less for symmetric odds. Similar conclusions can be drawn for the continuous elicitation as shown in Figures 9 and 10.

Figure 8 and 10 illustrate the type of response patterns that can be expected in the experiment under insensitivity as estimated in the literature. The estimation results show that observed choices are not consistent with strong insensitivity, instead the posterior means suggest untypical low levels of insensitivity for the probability weighting function. We observe an average posterior mean for γ of 0.85, while the prior mean was 0.75 (as estimated for

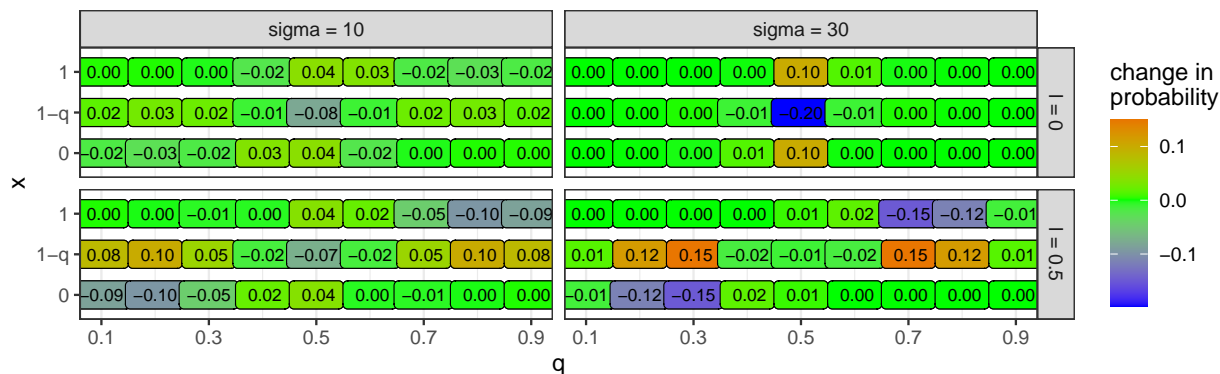


Figure 8: **Changes in choice probabilities due to insensitivity for the discrete elicitation with scaled odds as in the experiment.** The plot depicts changes in choice probabilities if preferences use probability weighting on lotteries. Positive values indicate higher probabilities under insensitivity than under expected utility. A Prelec-type function is used with insensitivity parameter 0.7. Scenarios with high noise ($\sigma = 10$), low noise ($\sigma = 30$), no ambiguity ($l = 0$), and ambiguity ($l = 0.5$) are shown. All other parameters are as in Figure 3.

a German sample by L’Haridon and Vieider (2019)). The experiment, however, was not designed to measure insensitivity and noise impedes strong statements about individual-specific insensitivity (the 90% credible sets of 92% of participants contain the prior mean of 0.75). Figure 11 illustrates the range of estimated weighting functions in the right plot and the prior in the left plot.

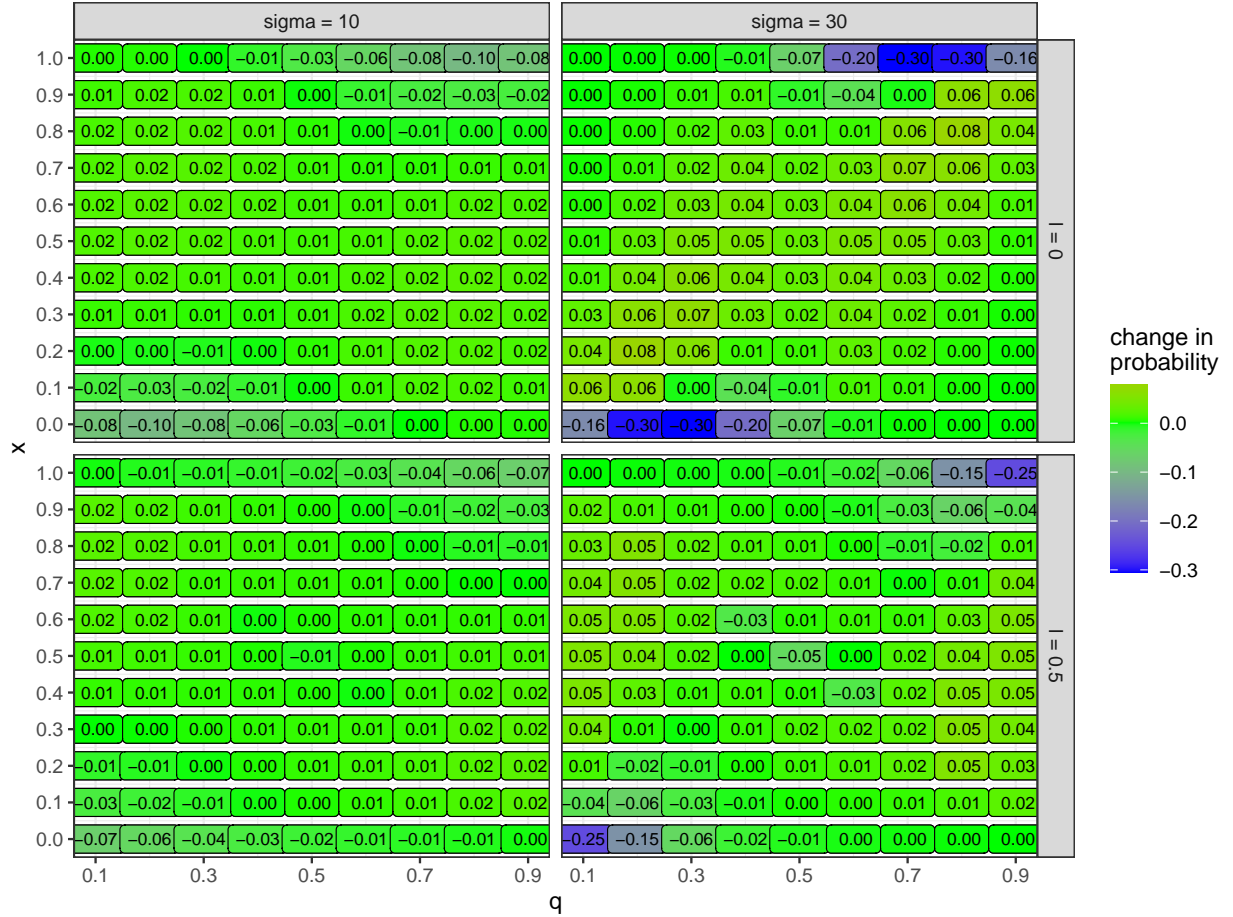


Figure 9: **Changes in choice probabilities with odds q and $1 - q$ due to insensitivity for discrete elicitation.** The plot depicts changes in choice probabilities if preferences use probability weighting on lotteries. Positive values indicate higher probabilities under insensitivity than under expected utility. In this plot odds are not rescaled as in the experiment. Positive values indicate higher probabilities under insensitivity than under expected utility. A Prelec-type function is used with insensitivity parameter 0.7.

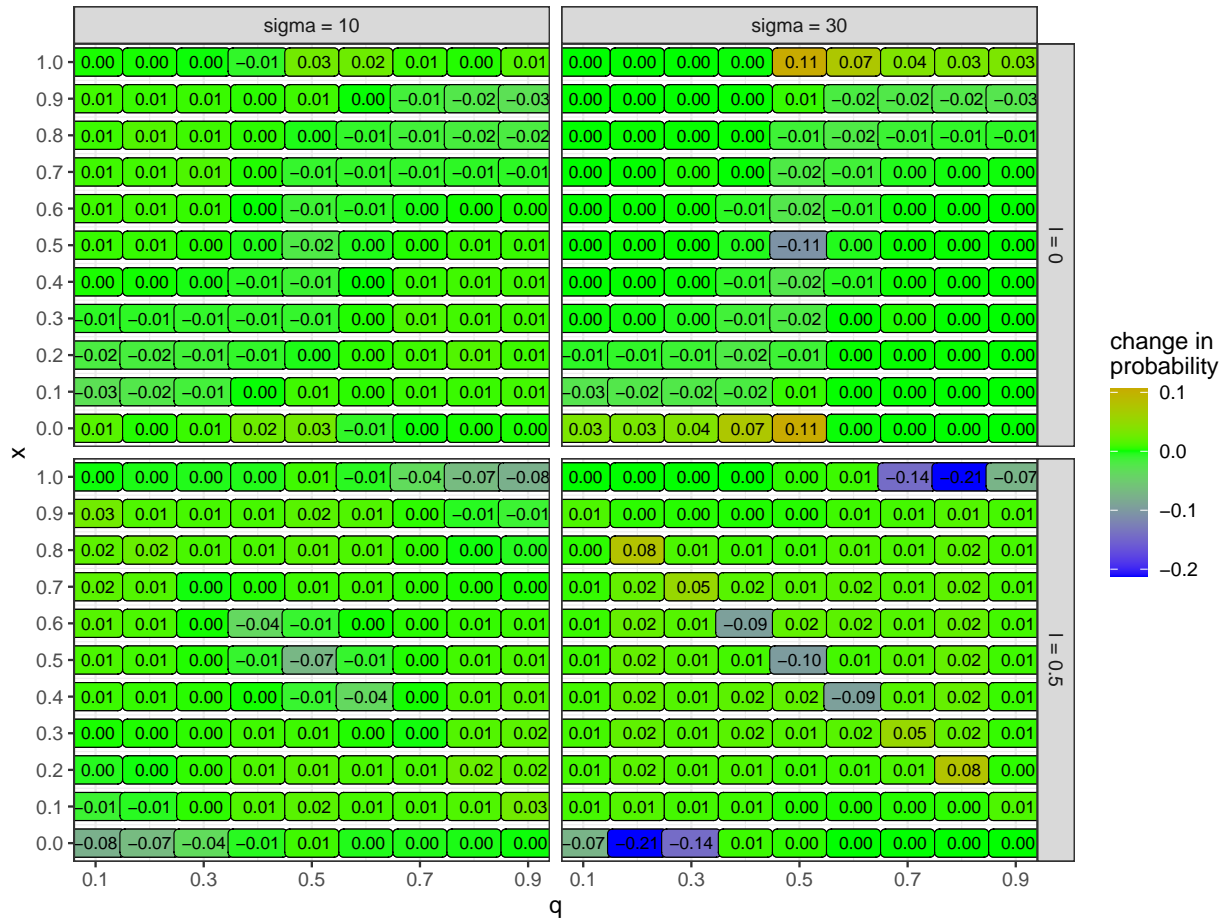


Figure 10: **Changes in choice probabilities due to insensitivity for continuous elicitation.** The plot depicts changes in choice probabilities if preferences use probability weighting on lotteries. Positive values indicate higher probabilities under insensitivity than under expected utility. A Prelec-type function is used with insensitivity parameter 0.7. All other parameters are as in Figure 4.

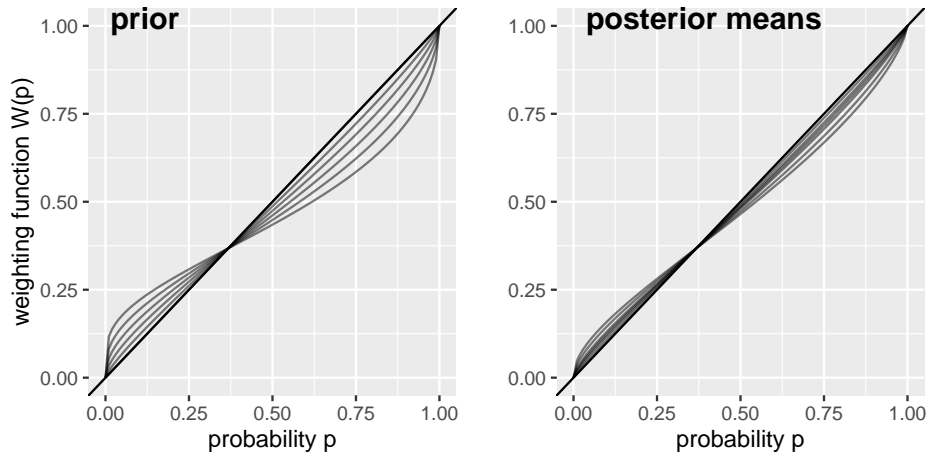


Figure 11: **Estimated probability weighting functions.** The plot depicts the range of probability weighting functions consistent with posterior mean estimates of γ_p under the assumed Prelec-type function. The weighting functions consistent with the prior, i.e., $\gamma = (0.5, 0.6, \dots, 1)$, are given as comparison.

References

- Abdellaoui, M., Baillon, A., Placido, L., and Wakker, P. (2011). “The rich domain of uncertainty: Source functions and their experimental implementation”. *American Economic Review* 101 (2), pp. 695–723.
- Abdellaoui, M., Colo, P., and Hill, B. (2021). “Eliciting multiple prior beliefs”. working paper.
- Abdellaoui, M., Klibanoff, P., and Placido, L. (2015). “Experiments on compound risk in relation to simple risk and to ambiguity”. *Management Science* 61 (6), pp. 1306–1322.
- Baillon, A. and Placido, L. (2019). “Testing constant absolute and relative ambiguity aversion”. *Journal of Economic Theory* 181, pp. 309–332.
- Bleichrodt, H., Grant, S., and Yang, J. (2023). “Testing Hurwicz expected utility”. *Econometrica* 91 (4), pp. 1393–1416.
- Bose, S. and Daripa, A. (2022). “Eliciting ambiguous beliefs using constructed ambiguous acts: Alpha-maxmin”. *Journal of Mathematical Economics* 103, p. 102787.
- Cerreia-Vioglio, S., Maccheroni, F., Marinacci, M., and Montrucchio, L. (2011). “Uncertainty averse preferences”. *Journal of Economic Theory* 146 (4), pp. 1275–1330.
- Chateauneuf, A., Eichberger, J., and Grant, S. (2007). “Choice under uncertainty with the best and worst in mind: Neo-additive capacities”. *Journal of Economic Theory* 137 (1), pp. 538–567.
- Dimmock, S. G., Kouwenberg, R., Mitchell, O. S., and Peijnenburg, K. (2016). “Ambiguity aversion and household portfolio choice puzzles: Empirical evidence”. *Journal of Financial Economics* 119 (3), pp. 559–577.

- Dow, J. and Werlang, S. R. (1992). “Uncertainty aversion, risk aversion, and the optimal choice of portfolio”. *Econometrica* 60 (1), pp. 197–204.
- Gao, X. S., Harrison, G. W., and Tchernis, R. (2023). “Behavioral welfare economics and risk preferences: A Bayesian approach”. *Experimental Economics* 26 (2), pp. 273–303.
- Gelman, A. and Rubin, D. B. (1992). “Inference from iterative simulation using multiple sequences”. *Statistical Science* 7 (4), pp. 457–472.
- Ghirardato, P. (1997). “On independence for non-additive measures, with a Fubini theorem”. *Journal of Economic Theory* 73 (2), pp. 261–291.
- Ghirardato, P. and Marinacci, M. (2001). “Risk, ambiguity, and the separation of utility and beliefs”. *Mathematics of Operations Research* 26 (4), pp. 864–890.
- (2002). “Ambiguity made precise: A comparative foundation”. *Journal of Economic Theory* 102 (2), pp. 251–289.
- Ghirardato, P. and Siniscalchi, M. (2012). “Ambiguity in the small and in the large”. *Econometrica* 80 (6), pp. 2827–2847.
- Halevy, Y. (2007). “Ellsberg revisited: An experimental study”. *Econometrica* 75 (2), pp. 503–536.
- Hill, B. (2023). “Beyond uncertainty aversion”. *Games and Economic Behavior* 141, pp. 196–222.
- Klibanoff, P. (2001). “Stochastically independent randomization and uncertainty aversion”. *Economic Theory* 18 (3), pp. 605–620.
- Klibanoff, P., Marinacci, M., and Mukerji, S. (2005). “A smooth model of decision making under ambiguity”. *Econometrica* 73 (6), pp. 1849–1892.
- Klibanoff, P., Mukerji, S., and Seo, K. (2014). “Perceived ambiguity and relevant measures”. *Econometrica* 82 (5), pp. 1945–1978.
- (2018). “Symmetry axioms and perceived ambiguity”. *Mathematics and Financial Economics* 12 (1), pp. 33–54.
- L’Haridon, O. and Vieider, F. M. (2019). “All over the map: A worldwide comparison of risk preferences”. *Quantitative Economics* 10 (1), pp. 185–215.
- Plummer, M. (2015). *JAGS Version 4.0.0: User Manual*.
- Schmeidler, D. (1989). “Subjective probability and expected utility without additivity”. *Econometrica*, pp. 571–587.
- Siniscalchi, M. (2006). “A behavioral characterization of plausible priors”. *Journal of Economic Theory* 128 (1), pp. 91–135.
- Sutter, M., Kocher, M. G., Glätzle-Rützler, D., and Trautmann, S. T. (2013). “Impatience and uncertainty: Experimental decisions predict adolescents’ field behavior”. *American Economic Review* 103 (1), pp. 510–531.

Experimental instructions for 'Eliciting ambiguity with mixing bets' by Patrick Schmidt.

This document contains screenshots and the full text of the aforementioned experiment. The code is available at <https://github.com/Schmidtpk/Otree-ambiguity>. The experiment was run on the cloud application platform heroku.

The experiment started with a Prisoner's dilemma game and a simple risk choice, where participants could draw a number from a box to generate win chances. Subsequently, the main experiment started with an explanation and test questions.

Then, in the main part each participant encountered 4 domains in random order:

- A blue/red ball being drawn
- A dotted/non-dotted ball being drawn
- The stock index increasing/decreasing
- The paired player defecting/cooperating

Within each domain several mixing bets were elicited. Each mixing bet had a different betting quota q . The winning chances for the two choices were scaled such that the highest probability one could achieve was one. In this case drawing a sufficiently low number from the box was not necessary. Subsequently, 10 balls were drawn from the urn and the dotted(ambiguous) domain was repeated. At the end of the experiment the payment question was revealed and all participants had to draw another number from the box to determine their final payout.

Mixing bets (discrete elicitation)

The mixing bets question were elicited in two different framings. Let us begin with the discrete elicitation and consider the red/blue ball domain as an example:

blauer Ball aus Urne (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. 30 Bälle sind blau. Die anderen 60 Bälle sind rot. Wir betrachten ob ein blauer Ball gezogen wird oder ein roter.

blauer Ball:



roter Ball:



Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 25 ziehen.
- ein blauer Ball gezogen wird.

Entscheidung speichern und weiter

Translation:

The experimental instructor will draw a ball from the urn. In the urn there are 90 balls. 30 of them are blue. The other 60 balls are red. We consider if a blue or red ball will be drawn.

What do you prefer?

10 Euros if

... a red ball will be drawn and additionally you draw a number between 1 and 25.

... a blue ball will be drawn.

In the subsequent question the preferred option was compared to the third possible choice in mixing bets: Mixing. Here this would have been: *10 Euros if you draw a number between 1 and 20.*

Mixing bets (continuous elicitation)

The second framing (continuous elicitation) was elicited for the ambiguous urn draw and for the remaining topics only if participants had been fast enough before (to avoid extensive waiting times for slowly responding participants). The slider in the middle represented the allocation and could be moved. The text on the left and right adapted accordingly showing the payouts under the current allocation.

gepunkteter Ball aus Urne (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. Von 60 roten Bällen ist eine Ihnen unbekannte Anzahl gepunktet. Wir betrachten ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger.

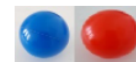
In dieser Frage ist das Verhältnis **100 zu 67**. In diesem Verhältnis können Sie die Gewinnzahlen mit dem Slider zwischen den zwei Seiten bewegen.

Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie?



Falls **ein gepunkteter Ball**
gezogen wird ...

... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.



Falls **ein einfarbiger Ball**
gezogen wird ...

... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.

So ist Ihre Auszahlung **unabhängig vom gezogenen Ball**.

Translation:

As a reminder:

The experimental instructor will draw a ball from the urn. In the urn there are 90 balls. Of the 60 red balls an unknown number has black dots. We consider if the drawn ball will have dots or not.

In this question the ratio is 100 to 67. In this ratio you can move the winning numbers with the slider between the two sides.

Please choose under which circumstances you will receive the 10 Euros. What payout do you prefer?

If a dotted ball is drawn...
...you receive 10 Euros
for the number 1 to 40

If a uniform ball is drawn...
...you receive 10 Euros
for the number 1 to 40

Example screenshots for one run

Each of the following pages contains screenshots or content copied from the html output for one run of the experiment. Note that the order of topics was randomized. The same holds true for the order of quotas elicited. Screenshots contain only the first question of each round. The experiment was conducted in German.

Anleitung: Dilemma

In dieser Runde werden Sie mit einem zufälligen anderen Teilnehmer gepaart. Jeder von ihnen wählt geheim ob er mit dem anderen Teilnehmer zusammenarbeiten möchte oder den Alleingang bevorzugt. Ihre Auszahlung wird in Abhängigkeit Ihrer Entscheidungen wie unten berechnet:

Wenn Sie und der andere Teilnehmer Zusammenarbeit wählen, bekommen beide 2 Euro. Wenn Sie und der andere Teilnehmer Alleingang wählen, bekommen beide 1 Euro.

Wenn nur einer von Ihnen Alleingang wählt, der andere aber Zusammenarbeit wählt, bekommt der Spieler der Alleingang wählt 3 Euro und der Spieler der vergeblich zusammenarbeiten wollte 0 Euro.

Wahl:

Ich wähle Alleingang

Ich wähle Zusammenarbeit

Resultate

Die Resultate werden gespeichert und Ihnen am Ende des Experiments vor der Auszahlung gezeigt. Im restlichen Experiment werden wir noch einmal auf das Verhalten Ihres Mitspielers Bezug nehmen. Zu diesem Zeitpunkt wissen Sie nicht wie sich Ihr Mitspieler verhalten hat.

Zahl ziehen um Geld

Sie werden gleich aufgefordert blind eine Zahl aus einer Box zu ziehen. In der Box befinden sich alle Zahlen von 1 bis 100 genau einmal.

Bevor Sie eine Zahl ziehen, dürfen Sie auf der nächsten Seite zwischen unterschiedlichen Auszahlungen wählen. Ihre Wahl und die gezogene Zahl bestimmen anschließend ob Sie zusätzliches Geld erhalten.

Zahl ziehen um Geld

Zur Erinnerung:

In der Box befinden sich alle Zahlen von 1 bis 100 genau einmal.

Was bevorzugen Sie?

Sie erhalten 2 Euro.

Sie erhalten 5 Euro falls Sie eine Zahl von 1 bis 50 ziehen und nichts falls Sie eine Zahl von 51 bis 100 ziehen.

Sie erhalten 10 Euro falls Sie eine Zahl von 1 bis 30 ziehen und nichts falls Sie eine Zahl von 31 bis 100 ziehen.

Anleitung: Gewinne

Die Geldbeträge

Im Hauptteil des Experiments können Sie 10 Euro extra gewinnen. Ihre Antworten beeinflussen unter welchen Bedingungen Sie die 10 Euro gewinnen.

Eine zufällige Frage bestimmt die Auszahlung

Es wird mehrere Runden geben und zu jedem Thema mehrere Fragen. Nur eine der Fragen wird Ihre Auszahlung am Ende beeinflussen. Alle anderen Fragen sind dann irrelevant. Die ausgewählte Frage befindet sich in einem Umschlag und wird nach dem Experiment einsehbar sein. Sie erfahren also erst am Ende, welche Frage Ihre Auszahlung bestimmt.

Testfragen: Gewinne

Stellen Sie sich folgenden Ausgang des Experiments vor: Sie haben drei Fragen beantwortet. In der ersten Frage haben Sie 10 Euro gewonnen. In der zweiten Frage haben Sie 0 Euro gewonnen. In der dritten Frage haben Sie 10 Euro gewonnen.

Stellen Sie sich außerdem vor, dass im Umschlag steht, dass die zweite Frage ausgewählt wurde.

Welche Aussage ist richtig?

Sie gewinnen 10 Euro.

Sie gewinnen nichts.

Anleitung: Wann gewinne ich?

Unsichere Ereignisse

In jeder Runde betrachten wir ein anderes unsicherer Ereignis. Zum Beispiel ob der DAX steigt oder ob ein blauer Ball aus der Urne gezogen wird. In jeder Frage müssen Sie entscheiden für welchen Ausgang Sie die 10 Euro gewinnen und für welchen Ausgang Sie kein Geld erhalten.

Die Reihenfolge

1. Sie beantworten zunächst alle Fragen und entscheiden für welchen Ausgang Sie 10 Euro erhalten und für welchen Ausgang Sie kein Geld erhalten.
2. Anschließend öffnen wir den Umschlag, der bestimmt welche Frage ihre Auszahlung bestimmt.
3. Dann werden wir den Ausgang des unsicheren Ereignisses betrachten. Zum Beispiel ob der DAX gestiegen ist oder welcher Ball gezogen wurde.
4. Dann ziehen Sie eine Zahl von 1 bis 100 aus der Box.
5. Zuletzt bekommen Sie 10 Euro oder nicht.

Anleitung: Der DAX und die Urne

Zunächst beschreiben wir die unsicheren Ereignisse im Detail.

Zusammenarbeit des anderen Teilnehmers

Am Anfang des Experiments waren Sie und ein anderer Teilnehmer in einem Dilemma. Ihnen ist nicht bekannt wie sich der andere Spieler entschieden hat. Wir betrachten, ob der andere Teilnehmer Zusammenarbeit oder den Alleingang gewählt hat.

Der DAX

An der Tafel steht der DAX Kurs bei Börsenschluss gestern. Wir betrachten, ob der DAX bis zum Ende des Experiments über diesen Wert steigt oder unter diesen Wert fällt. (Entscheidend ist der Kurs, den Google für den DAX Index angibt.)

Die Urne

In der Urne befinden sich 90 Bälle. 30 Bälle sind blau. 60 Bälle sind rot. Von den roten Bällen ist eine unbekannte Zahl gepunktet.

Der Experimentleiter wird blind eine Kugel aus der Urne ziehen.

In einer Runde betrachten wir, ob die gezogene Kugel blau ist oder rot . In diesem Fall kennen Sie die Verhältnisse. Es gibt 30 blaue Bälle und 60 rote Bälle (egal ob mit oder ohne Punkte).

In einer anderen Runde betrachten wir, ob die gezogene Kugel gepunktet ist oder einfarbig . In diesem Fall kennen Sie die Verhältnisse nicht. Sie wissen nur, dass 60 der Bälle gepunktet sein können und 30 der Bälle nicht gepunktet sein können. Die genaue Anzahl an gepunkteten Bällen ist ihnen nicht bekannt. Sie kann zwischen 0 und 60 liegen.

Welche Aussage lässt sich sicher aus obiger Beschreibung ableiten?

- Jeder dritte Ball in der Urne ist blau
- Jeder dritte Ball in der Urne ist gepunktet.

Sie wissen sicher, dass...

- ... mehr gepunktete als einfarbige Bälle in der Urne sind.
- ... mehr rote als blaue Bälle in der Urne sind.

Welche Aussage ist richtig?

- Es sind doppelt so viele rote Bäll wie blaue Bälle in der Urne.
- Es sind doppelt so viele gepunktete Bälle wie einfarbie Bälle in der Urne.

Anleitung: Eine einfache Frage


Eine einfache Frage

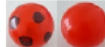
In Fragen dieser Art müssen Sie sich zwischen zwei Optionen entscheiden. Jede Option beschreibt unter welchen Umständen Sie die 10 Euro gewinnen. Falls die von Ihnen gewählte Option am Ende nicht eintritt, erhalten Sie die 10 Euro nicht.

Wann gewinne ich und wann nicht?

Unten sehen Sie eine Beispielfrage. Es geht um das Ereignis ob ein blauer Ball gezogen wird oder nicht.

Beispiel:

blauer Ball: 

roter Ball: 

Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- ein blauer Ball gezogen wird.
- ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 43 ziehen.

Wenn Sie die erste Option wählen ("10 Euro falls ein blauer Ball gezogen wird") erhalten Sie 10 Euro falls ein blauer Ball gezogen wird und nichts, falls ein roter Ball gezogen wird.

Wenn Sie die zweite Option wählen ("10 Euro falls ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 43 ziehen.") erhalten Sie 10 Euro falls ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich am Ende des Experiments eine Zahl von 1 bis 43 ziehen. Falls ein blauer Ball gezogen wird oder Sie eine Zahl von 44 bis 100 ziehen, erhalten Sie nichts.

Testfrage

Stellen Sie sich folgenden Situation vor: Sie wählen die Option "10 Euro falls ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 43 ziehen". Stellen Sie sich weiterhin vor, dass ein roter Ball gezogen wird und Sie anschließend die Zahl 51 ziehen.

Welche Aussage ist richtig?

Sie gewinnen 10 Euro.

Sie gewinnen nichts.

Welche Aussage ist richtig?

Alles sonst unverändert hätten Sie 10 Euro gewonnen, wenn Sie statt der Zahl 51 die Zahl 40 gezogen hätten

Alles sonst unverändert hätten Sie 10 gewonnen, wenn ein blauer Ball gezogen worden wäre.

Anleitung: Eine Slider-Frage

Eine Slider-Frage

Zu manchen Ereignissen werden Sie 5 Slider-Fragen beantworten müssen. In jeder Frage müssen Sie auswählen für wieviele gezogene Zahlen Sie die 10 Euro erhalten, wenn das Ereignis eintritt und für wieviele, wenn das Ereignis nicht eintritt. Sie können die Position des Sliders und somit Ihre Auszahlung wählen.

Unten sehen Sie eine Beispielfrage. Es geht um das Ereignis, ob ein blauer oder ein roter Ball gezogen wird.

Mit dem Slider können Sie wählen unter welchen Umständen Sie 10 Euro gewinnen. Je mehr Gewinnzahlen Sie haben, wenn ein blauer Ball gezogen wird, desto weniger Gewinnzahlen haben Sie, wenn ein roter Ball gezogen wird. Die Slider-Fragen unterscheiden sich im Verhältnis, mit dem Sie Gewinnzahlen zwischen den zwei Alternativen verschieben können. In diesem Beispiel ist das Verhältnis 67 zu 100.

Bitte bewegen Sie den Slider auf der grauen Linie nach links und rechts und beobachten Sie wie sich die Gewinnzahlen verändern, die Sie erhalten würden wenn ein blauer Ball gezogen wird oder wenn ein roter Ball gezogen wird.

Je weiter links der Slider ist, desto mehr setzen Sie darauf, dass ein blauer Ball gezogen wird. Je weiter rechts der Slider ist, desto mehr setzen Sie darauf, dass ein roter Ball gezogen wird.

Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie? Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie?

Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie?



Falls **ein blauer Ball gezogen**
wird ...

Falls **ein roter Ball gezogen**
wird ...

... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.



... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.

So ist Ihre Auszahlung **unabhängig vom gezogenen Ball**.


Bewegen Sie den Slider nun ganz nach links. Sie sollten beobachten, dass Sie nun für alle Zahlen von 1 bis 67 die 10 Euro gewinnen, falls ein blauer Ball gezogen wird, und für keine Zahlen, falls ein roter Ball gezogen wird. Sie setzen also ganz auf den blauen Ball.


Bewegen Sie den Slider nun ganz nach rechts. Je weiter Sie nach rechts gehen, desto mehr Gewinnzahlen haben Sie für den Fall, dass ein roter Ball gezogen wird. Sie sollten beobachten, dass Sie nun für alle Zahlen die 10 Euro gewinnen, falls ein roter Ball gezogen wird, und für keine Zahlen, falls ein blauer Ball gezogen wird. Da es mehr rote als blaue Bälle gibt, ist dies eine sinnvolle Wahl. Klicken Sie auf weiter, wenn der Slider entsprechend eingestellt ist.

Testfragen: Eine Frage

Unten sehen Sie eine weitere Beispielfrage. Diesmal mit einem anderen Verhältnis mit dem Sie die Gewinnzahlen verschieben können.

Wie zuvor gilt, je weiter links der Slider ist, desto mehr setzen Sie darauf, dass ein blauer Ball gezogen wird. Je weiter rechts der Slider ist, desto mehr setzen Sie darauf, dass ein roter Ball gezogen wird.

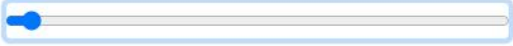




Falls **ein blauer Ball gezogen**
wird ...

Falls **ein roter Ball gezogen**
wird ...

... erhalten Sie 10 Euro **sicher**.



... erhalten Sie **nichts**.

So setzen Sie auf **blauer Ball** .

Bewegen Sie den Slider ganz nach rechts. Sie sollten die 10 Euro erhalten, falls ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 11 ziehen. Sollte ein blauer Ball gezogen werden oder Sie eine Zahl von 12 bis 100 ziehen erhalten Sie nichts.



Bewegen Sie den Slider nun ganz nach links. Nun setzen Sie auf das unwahrscheinlichere Ereignis, dass ein blauer Ball gezogen wird. Für dieses Verhältnis erhalten Sie die 10 Euro allerdings sicher, falls ein blauer Ball gezogen wird.

Drücken Sie anschließend auf weiter.

Testfragen: Eine Frage

Unten sehen Sie eine weitere Beispielfrage. Diesmal ist das unsichere Ereignis ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger.

Sie können die Gewinnzahlen ohne Veränderung zwischen den zwei möglichen Resultaten verschieben.

	
Falls ein gepunkteter Ball gezogen wird ...	Falls ein einfarbiger Ball gezogen wird ...
... erhalten Sie 10 Euro für die Zahlen von 1 bis 50 erhalten Sie 10 Euro für die Zahlen von 1 bis 50 .

So ist Ihre Auszahlung **unabhängig vom gezogenen Ball**.

Wenn Sie den Slider nach links oder rechts bewegen hängt ihre Auszahlung davon ab ob ein gepunkteter oder einfarbiger Ball gezogen wird. Sie wissen allerdings nicht wieviele gepunktete Bälle in der Urne sind. Falls Sie ihre Auszahlung nicht von dieser unbekanntem Größe abhängig machen möchten, können Sie eine mittlere Position wählen.

Bewegen Sie den Slider nun in die Mitte. Stellen Sie den Slider so ein, dass Sie 10 Euro erhalten, falls Sie eine Zahl von 1 bis 50 ziehen, egal was für ein Ball gezogen wird. Sie setzen weder auf den blauen noch auf den roten Ball. Ihre Auszahlung ist unabhängig vom gezogenen Ball. Sie haben immer die Möglichkeit den Slider so einzustellen

Drücken Sie anschließend auf weiter.

Bitte drücken Sie auf weiter und beginnen Sie das Experiment. Ab jetzt bestimmen Ihre Entscheidungen Ihre Auszahlung!

Random order:

Runde 1 von 4: DAX

Der DAX-Kurs zum Einstieg des Experiments steht an der Tafel. Am Ende des Experiments wird der DAX-Kurs erneut abgefragt. Wir werden betrachten, ob der DAX über den an der Tafel genannten Betrag gestiegen ist oder nicht.



DAX (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der DAX-Kurs zum Einstieg des Experiments steht an der Tafel. Am Ende des Experiments wird der DAX-Kurs erneut abgefragt. Wir werden betrachten, ob der DAX über den an der Tafel genannten Betrag gestiegen ist oder nicht.

DAX steigt:



DAX fällt:



Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- der DAX fällt.
- der DAX steigt und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 11 ziehen.

Entscheidung speichern und weiter

Runde 2 von 4: Alleingang oder Zusammenarbeit

Am Anfang des Experiments waren Sie und ein anderer Teilnehmer in einem Dilemma. Ihnen ist nicht bekannt wie sich der andere Spieler entschieden hat. Wir betrachten, ob der andere Teilnehmer Zusammenarbeit oder den Alleingang gewählt hat.

Ich wähle Zusammenarbeit!

Ich wähle Alleingang!

Alleingang oder Zusammenarbeit (Frage 1 von 5)

Ich wähle Zusammenarbeit!

Ich wähle Alleingang!

Zur Erinnerung:

Am Anfang des Experiments waren Sie und ein anderer Teilnehmer in einem Dilemma. Ihnen ist nicht bekannt wie sich der andere Spieler entschieden hat. Wir betrachten, ob der andere Teilnehmer Zusammenarbeit oder den Alleingang gewählt hat.

Alleingang:



Zusammenarbeit:



Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- der andere Teilnehmer Alleingang gewählt hat.
- der andere Teilnehmer Zusammenarbeit gewählt hat und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 43 ziehen.

Entscheidung speichern und weiter

Runde 3 von 4: blauer Ball aus Urne

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. 30 Bälle sind blau. Die anderen 60 Bälle sind rot. Wir betrachten ob ein blauer Ball gezogen wird oder ein roter.



blauer Ball aus Urne (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle, 30 Bälle sind blau. Die anderen 60 Bälle sind rot. Wir betrachten ob ein blauer Ball gezogen wird oder ein roter.

blauer Ball:



roter Ball:



Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- ein roter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 25 ziehen.
- ein blauer Ball gezogen wird.

Entscheidung speichern und weiter

Runde 4 von 4: gepunkteter Ball aus Urne

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. Von 60 roten Bällen ist eine Ihnen unbekannte Anzahl gepunktet. Wir betrachten ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger.



gepunkteter Ball aus Urne (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. Von 60 roten Bällen ist eine Ihnen unbekannte Anzahl gepunktet. Wir betrachten ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger.

gepunkteter Ball:



einfarbiger Ball:



Was bevorzugen Sie?

10 Euro falls...

- ein einfarbiger Ball gezogen wird.
- ein gepunkteter Ball gezogen wird und Sie zusätzlich eine Zahl von 1 bis 43 ziehen.

Entscheidung speichern und weiter

gepunkteter Ball aus Urne (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. Von 60 roten Bällen ist eine Ihnen unbekannte Anzahl gepunktet. Wir betrachten ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger.

In dieser Frage ist das Verhältnis **100 zu 67**. In diesem Verhältnis können Sie die Gewinnzahlen mit dem Slider zwischen den zwei Seiten bewegen.

Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie?



Falls **ein gepunkteter Ball**
gezogen wird ...

Falls **ein einfarbiger Ball**
gezogen wird ...

... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.

... erhalten Sie 10 Euro für die
Zahlen von **1 bis 40**.

So ist Ihre Auszahlung **unabhängig vom gezogenen Ball**.

gepunkteter Ball nach 10 Ziehungen (Frage 1 von 5)



Zur Erinnerung:

Der Experimentleiter wird einen Ball aus der Urne ziehen. In der Urne sind 90 Bälle. Von 60 roten Bällen ist eine Ihnen unbekannte Anzahl gepunktet. Wir betrachten ob ein gepunkteter Ball gezogen wird oder ein einfarbiger. Im Vergleich zu vorher haben Sie zusätzliche Informationen über die Anzahl gepunkteter Bälle, da Sie bereits 10 Ziehungen gesehen haben.

Bitte wählen Sie unter welchen Umständen Sie 10 Euro erhalten. Welche Auszahlung bevorzugen Sie?



Verhältnis
100 : 43



Falls **ein gepunkteter Ball**
gezogen wird ...

Falls **ein einfarbiger Ball**
gezogen wird ...

... erhalten Sie 10 Euro **sicher**.

... erhalten Sie **nichts**.

So setzen Sie auf **gepunkteter Ball**.

Entscheidung speichern und weiter

Allgemeine Fragen

Sie sind nun auf der letzten Experimentseite angekommen. Hier würden wir Sie bitten noch ein paar Angaben zu Ihrer Person zu machen.

Bitte geben Sie ihr Geburtsjahr an:

Was ist ihr Geschlecht?

weiblich

männlich

Wieviel Geld haben Sie monatlich (inkl. Miete) ca. zur Verfügung (in Euro)?

----- weniger als 250 251 - 500 501 - 750 751 - 1000 mehr als 1000

Was ist ihr Beruf?

Falls Sie StudentIn sind:

In welchem Bereich studieren Sie?

----- Rechtswissenschaft Wirtschaftswissenschaften

Gesellschaftswissenschaften Erziehungswissenschaften Psychologie

Sportwissenschaften Theologie Sprach-und Kulturwissenschaften

Geowissenschaften Informatik Mathematik Physik Biochemie, Chemie,

Pharmazie Medizin Andere

Glauben Sie, dass Sie den Auszahlungsmechanismus für die Schätzfragen vollständig verstanden haben?

Ja

Nein

Auf einer Skala von 1 (sehr wenig) - 7 (sehr viel), wieviel Erfahrung haben Sie mit Wahrscheinlichkeitsrechnung und Statistik?

Auf einer Skala von 1 (sehr wenig) - 7 (sehr viel), wieviel Erfahrung haben Sie mit Glücksspielen?

Haben Sie je einen Universitätskurs zu Statistik oder Wahrscheinlichkeitstheorie besucht?

Ja

Nein

Wie oft würfelt man im Durchschnitt eine gerade Zahl, wenn man einen normalen sechs-seitigen Würfel 1000 Mal würfelt?

Nehmen Sie an, sie würden zweimal von den Zahlen von 1 bis 100 eine Zufallszahl ziehen. Sie gewinnen 10 Euro, falls beide Zahlen kleiner als 51 sind. Was würden Sie sagen ist die Chance in Prozent, dass Sie 10 Euro gewinnen?