

Gesellschaftliche Relevanz von Klimaanpassungsprojekten und die Beurteilung deren Wirtschaftlichkeit

Fachtagung „Klimawandelgerechte Stadtentwicklung“
Jena, 8. November 2012

Oliver Gebhardt, Volker Meyer, Miriam Brenck, Bernd Hansjürgens

Helmholtz-Zentrum für Umweltforschung – UFZ
Department Ökonomie

Gliederung

1. Vorbemerkungen
2. Vorgehen Bewertung & Priorisierung
3. Bewertungsinstrument PRIMATE
4. Fallbeispiel Leutra-Rechen
5. Resümee

1. Vorbemerkungen

Hintergrund

- Klimaanpassung auf strategischer Ebene und in praktischer Umsetzung
- Entscheidungsträger um **wirtschaftliche Lösungen** bemüht
- Berücksichtigung verschiedener Arten von **Unsicherheit** notwendig

Fragestellung

Welches ist die geeignetste Anpassungsmaßnahme bzw. mit welcher **Priorität** sollten Maßnahmen umgesetzt werden?

Zielsetzung

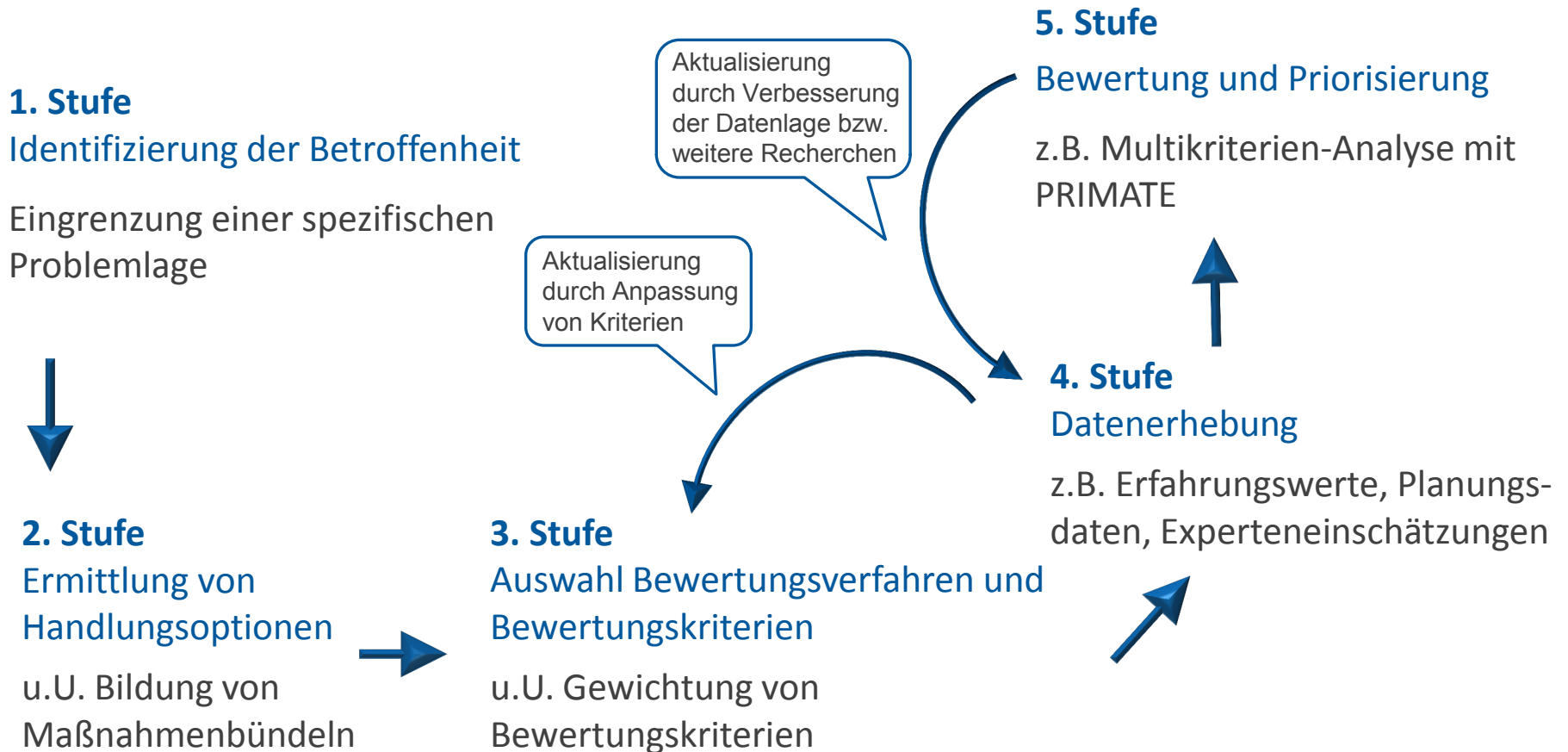
Unterstützung von Entscheidungsträger durch

- Erhöhung der **Transparenz** im Abwägungsprozess
- Aufzeigen von **Handlungsspielräumen**

1. Vorbemerkungen

- **Status-quo** und **No regret-Orientierung**, d.h. Fokussierung auf bereits bestehende (negative) Betroffenheiten, deren Verschärfung im Zuge des Klimawandels erwartet wird
- Besondere Relevanz von (sommerlichen) **Hitze-, Trockenperioden** sowie **Starkregenereignissen**
- Berücksichtigung der **Interessen verschiedener Anspruchsgruppen** bei der Entscheidungsfindung
- Möglichst **geringe Datenbeschaffungsanforderungen** und **Verwendung „unsicherer“ Daten**
- **Angebote zur Entscheidungsunterstützung** in Form von Handbüchern, Leitfäden und Tools
 - UFZ-Leitfaden in Kombination mit Anwendung des multikriteriellen Bewertungsinstruments PRIMATE

2. Vorgehen Bewertung & Priorisierung: UFZ-Leitfaden



2. Vorgehen Bewertung & Priorisierung: UFZ-Leitfaden

Linke Spalte

--> **Erläuterung** des Prozesses und Formulierung von Fragen als **Handlungsanleitung**

Rechte Spalte

--> **Veranschaulichung** des Prozesses anhand eines **Fallbeispiels**

Stufe 1: Identifikation der Betroffenheit

Eingrenzen der Problemlage

- Welcher Problemlage soll mit den Maßnahmen begegnet werden?
- Welche Schäden sind bereits aufgetreten oder werden im Zuge des Klimawandels erwartet?
- Welche Sektoren und Gebiete sind betroffen?

1.1 Möglichkeiten der Abschätzung von Betroffenheiten

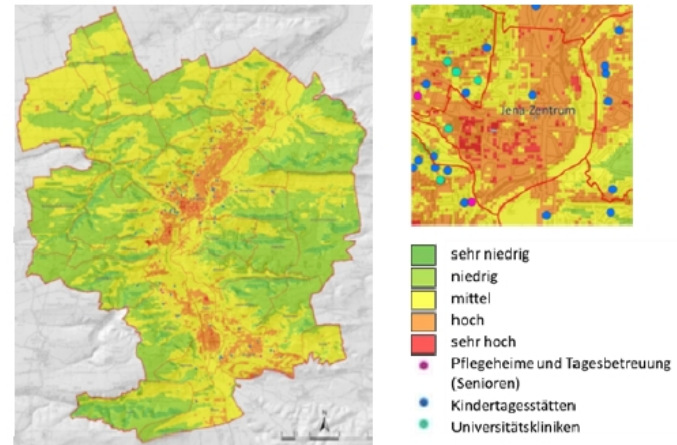
- Analyse vergangener Schadensereignisse, wie z.B. durch Auswertung der Einsatzprotokolle von Katastrophenschutz, Feuerwehr etc.
- Auswertung bestehender Risiko- und Vulnerabilitätsstudien
- Diskussion der möglichen Betroffenheit durch den Klimawandel mit Fachplanungen in Landkreis und Kommune: Stadtplanung, Bau, Verkehr, Katastrophenschutz, Gesundheit, Forst und Landwirtschaft

Fallbeispiel Stufe 1

FB Abschätzung der Betroffenheit

- Jena ist in den Sommermonaten, v.a. im Bereich der Stadtmitte, mit dem Problem der Überhitzung konfrontiert
- Geschützte Tallage und umliegende Kalksteinhänge befördern warmes Mikroklima
- Anstieg der Jahresmitteltemperatur um 1,2K in den letzten 100 Jahren
- Vorliegende Klimaprojektionen lassen weitere Verschärfung der thermischen Belastung erwarten
 - Verstärkter Temperaturanstieg projiziert
 - Zunahme der heißen Tage ($T_{\max} > 30^{\circ}\text{C}$) von 10-12 Tage/Jahr auf bis 19-20 Tage/Jahr bis 2050 (STAR, WETTREG2010)

Überhitzungsgefährdung Stadtgebiet Jena auf Basis von Versiegelungsgrad, Baustruktur, Globalstrahlung, lokalen und regionalen Windsystemen



Quelle: ThINK (2011): JenKAS-Projekt.

3. PRIMATE: Methodische Grundlagen

- Probabilistic Multi-Attribute Evaluation – **PRIMATE** am UFZ unter Leitung von M. Drechsler entwickelt, überarbeitet und erweitert
- Unterstützung bei Durchführung von **KNA** und **MKA** (PROMETHEE)

Kosten-Nutzen-Analyse (KNA)

- Voraussetzung: Entscheidungskriterium **Nettonutzen** oder **Kosten-Nutzen-Verhältnis**, Kosten und Nutzen lassen sich in **monetären Einheiten** angeben
- **Kosten** werden vermiedenen Schäden als Nutzen gegenübergestellt
- Ermittlung **Nettonutzen** (Nutzen – Kosten) für einzelne Maßnahmen
- Wahl der Option mit **höchstem Nettonutzen** o. **besten Kosten-Nutzen-Relation**

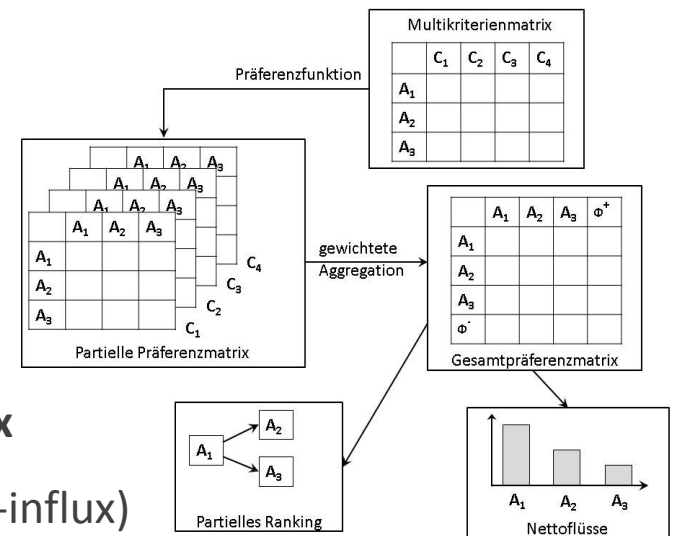
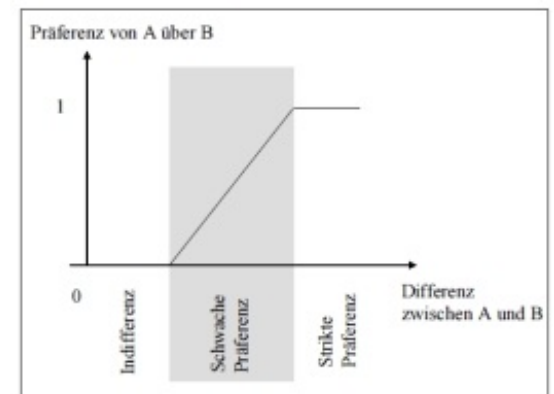
Multi-Kriterien-Analyse (MKA)

- Abwägung verschiedener Handlungsoptionen unter Berücksichtigung **mehrerer Entscheidungskriterien**
- Nutzung unterschiedlich skaliertes der Kosten- und Nutzenkriterien möglich
- Anwendung zur Priorisierung von Anpassungsmaßnahmen sehr geeignet

3. PRIMATE: Methodische Grundlagen

Outranking-Verfahren: PROMETHEE

- **Paarweiser Vergleich aller Handlungsalternativen** über alle Bewertungskriterien durch Bildung von Differenzen der Kriterienwerte
- **Festlegung** von Präferenzwert (=1), Indifferenzwert (=0) und funktionalem Verlauf der **Präferenzfunktion** zwischen diesen Werten (bspw. linear)
- Überführung von **Kriterienwert-Differenzen** in Präferenzwerte = **Präferenzmatrix** des jeweiligen Bewertungskriteriums
- **Gewichtete Aggregation** der partiellen Präferenzmatrizen zu Gesamtpräferenzmatrix (GPM)
- Ermittlung **Ausgangsflüsse** (outflux \triangleq Zeilensumme GPM): Stimmen „für“ Alternative
- Ermittlung **Eingangsflüsse** (influx \triangleq Spaltensumme GPM): Stimmen „gegen“ Alternative
- PROMETHEE I: **Ranking** auf Basis von **ouflux** und **influx**
- PROMETHEE II: **Ranking** auf Basis von **netflux** (outflux-influx)



3. PRIMATE: Methodische Grundlagen

Outranking-Verfahren: PROMETHEE

- **Paarweiser Vergleich aller Handlungsalternativen** über alle Bewertungskriterien

Exemplarische Gesamt-Präferenzmatrix in PRIMATE

	AP	W	BD	BF	BP	VM	VB	VD	F+	
Maßnahmen →	AP	0	0.422	0.169	0.252	0.310	0.297	0.080	0.453	1.985
	W	0.027	0	0.134	0.201	0.184	0.184	0.054	0.241	1.028
	BD	0.064	0.435	0	0.125	0.218	0.276	0.032	0.375	1.527
	BF	0.044	0.387	0.025	0	0.140	0.172	0.037	0.292	1.100
	BP	0.028	0.270	0.029	0.066	0	0.161	0.048	0.249	0.855
	VM	0	0.254	0.068	0.078	0.159	0	0.054	0.164	0.779
	VB	0.144	0.487	0.190	0.304	0.367	0.391	0	0.502	2.389
	VD	0.047	0.202	0.060	0.091	0.145	0.074	0.054	0	0.677
Eingangsfluss →	F-	0.356	2.460	0.678	1.120	1.526	1.560	0.363	2.279	

← Ausgangsfluss

- **PROMETHEE I:** Ranking auf Basis von **Ausgangs- und Eingangsflüssen**
- **PROMETHEE II:** Ranking auf Basis von **Nettoflüsse**

3. PRIMATE: Umgang mit Unsicherheiten

Datenbezogene Unsicherheiten

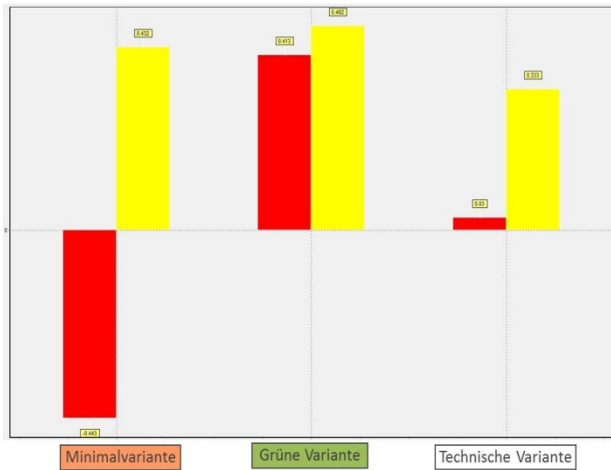
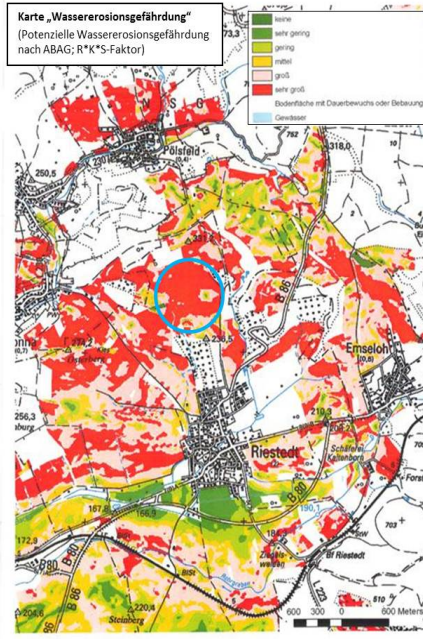
- Möglichkeit der Angabe eines Minimal- und eines Maximalwertes einer Alternative für jedes Bewertungskriterium (=Wertespanne)
- PRIMATE zieht bis zu 10.000 **zufällige Werte aus angegebenem Wertebereich**
- **für jeden** zufällig gezogenen **Wert** wird **eine vollständige MKA** durchgeführt
- Ergebnisse aller Analysen werden statistisch ausgewertet (Mittelwerte, Varianzen, Rangverteilungen)

Unsicherheiten infolge unterschiedlicher Einschätzungen der Relevanz der Bewertungskriterien

- Nutzung von **Globalgewichten** (bis zu 10.000 zufällige Gewichtskombinationen) mögl.
- Nutzung empirisch ermittelter **Gewichtung von Kriterienblöcken** (max. 5), **Einzelkriterien** (max. 16) durch Entscheidungsträger bzw. Stakeholder (max. 6) mögl.
- **für jede Gewichtskonfiguration** wird **eine vollständige MKA** durchgeführt
- Ergebnisse aller Analysen werden statistisch ausgewertet (Mittelwerte, Varianzen, Rangverteilungen)

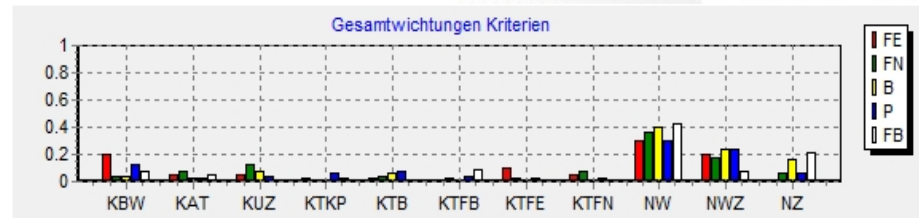
3. PRIMATE: Anwendungsbeispiele

Verminderung Bodenerosion



Gesamt-Nettoflüsse (alle Entscheider)

■ Mittelwerte
■ 2*Standardabweichung



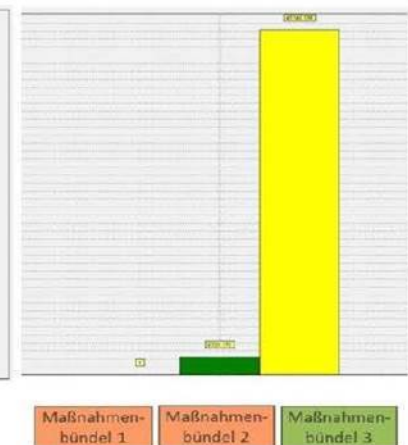
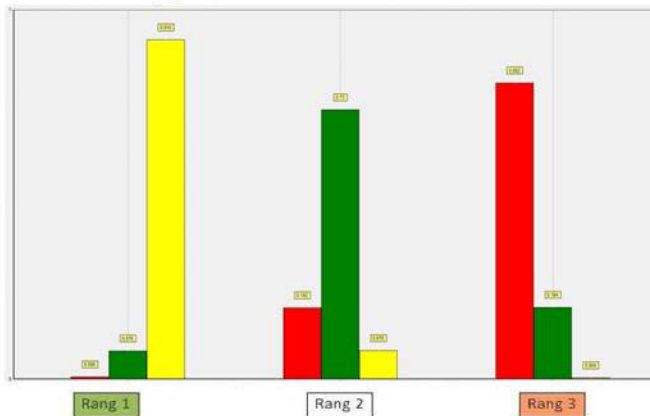
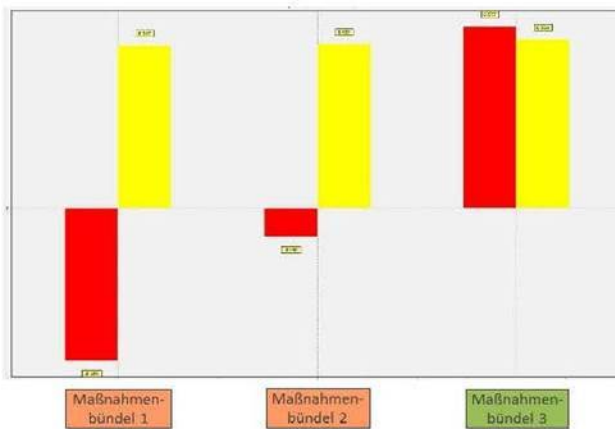
3. PRIMATE: Anwendungsbeispiele

Verminderung Bodenerosion

Niederschlagswassermanagement Wohngebiet

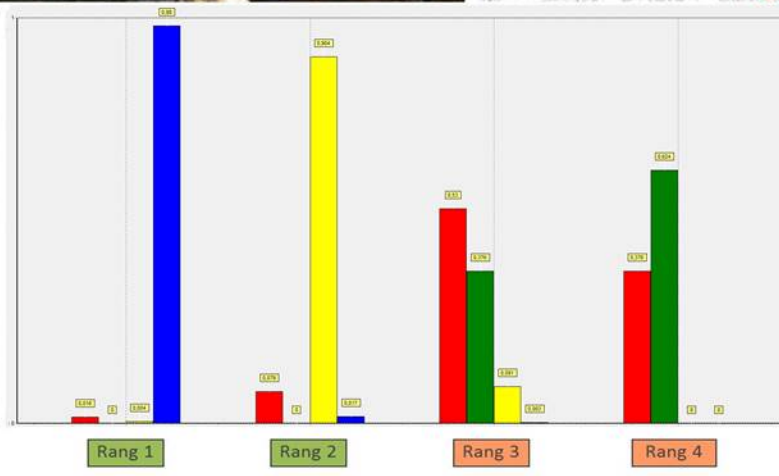
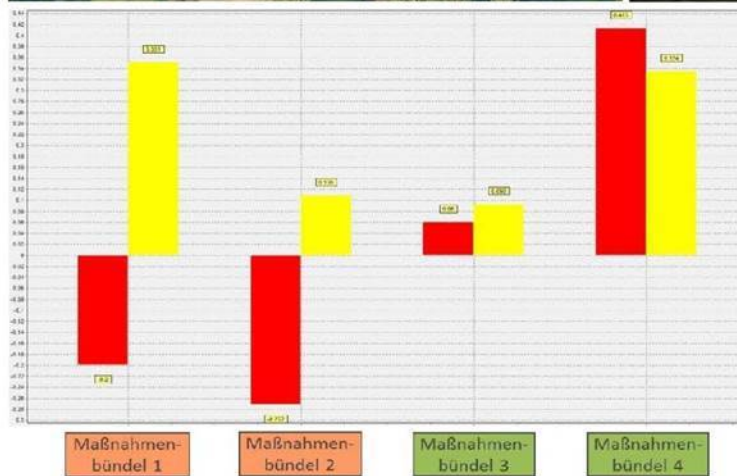
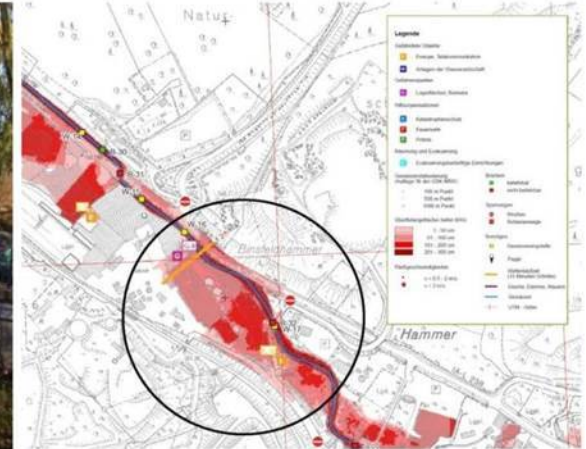


1.	Kosten	Kosten-Nutzen-Analyse	Multikriterien-Analyse
1.1	Kostenbarwert <ul style="list-style-type: none"> Investitions-, Reinvestitionskosten Unterhaltungskosten 		
2.	Nutzen		
2.1	Nutzenbarwert <ul style="list-style-type: none"> Einsparungen Niederschlagswassergebühr Einsparungen Energiekosten 		
2.2	Kleinklimatische Aspekte		
2.3	Gestalterische Aspekte		
2.4	Zusatznutzen		



3. PRIMATE: Anwendungsbeispiele

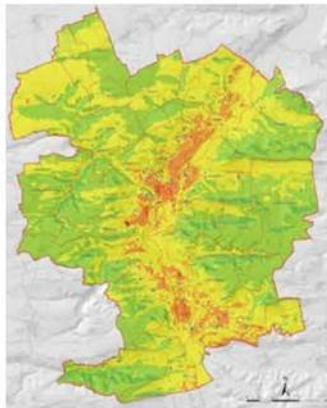
Verminderung Bodenerosion
 Niederschlagswassermanagement Wohngebiet
 Betrieblicher Hochwasserschutz



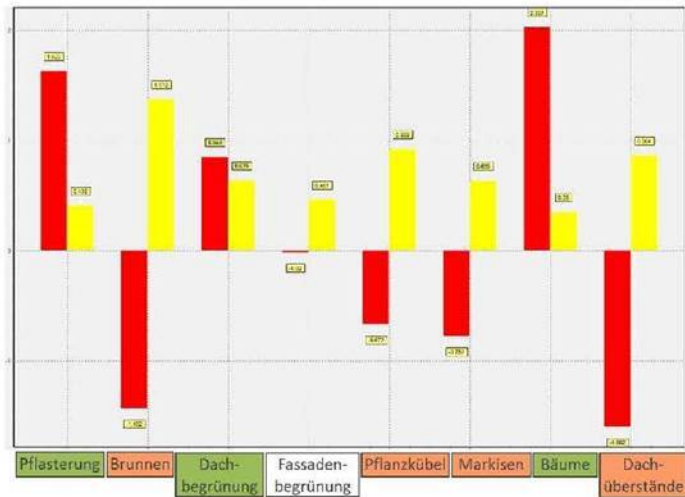
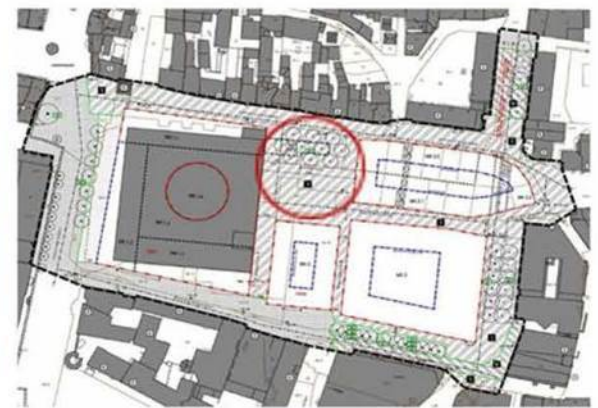
- Maßnahmenbündel 1
- Maßnahmenbündel 2
- Maßnahmenbündel 3
- Maßnahmenbündel 4

3. PRIMATE: Anwendungsbeispiele

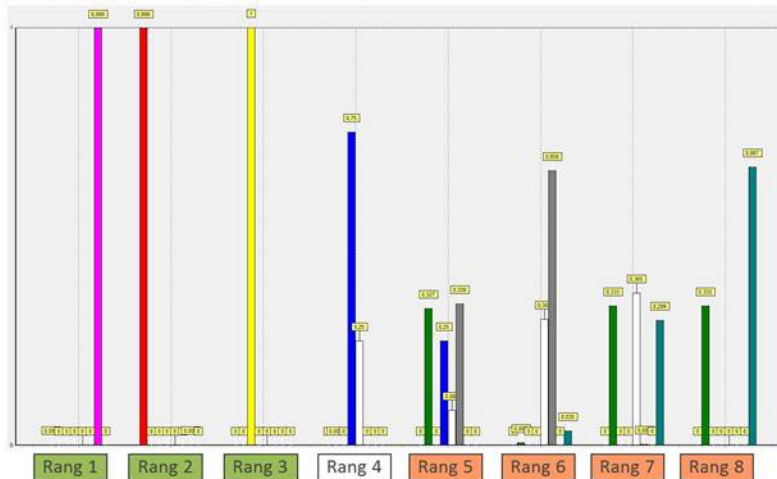
Verminderung Bodenerosion
 Niederschlagswassermanagement Wohngebiet
 Betrieblicher Hochwasserschutz
 Verbesserung mikroklimatischer Situation



- sehr niedrig
- niedrig
- mittel
- hoch
- sehr hoch
- Pflegeheime und Tagesbetreuung (Senioren)
- Kindertagesstätten
- Universitätskliniken



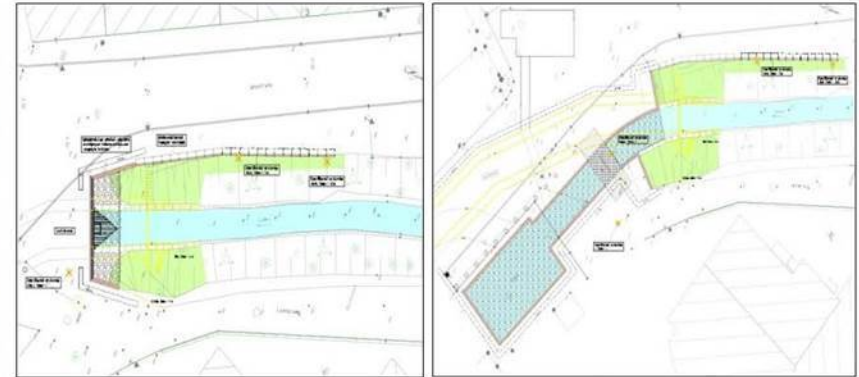
- Mittelwerte
- 2*Standardabweichung



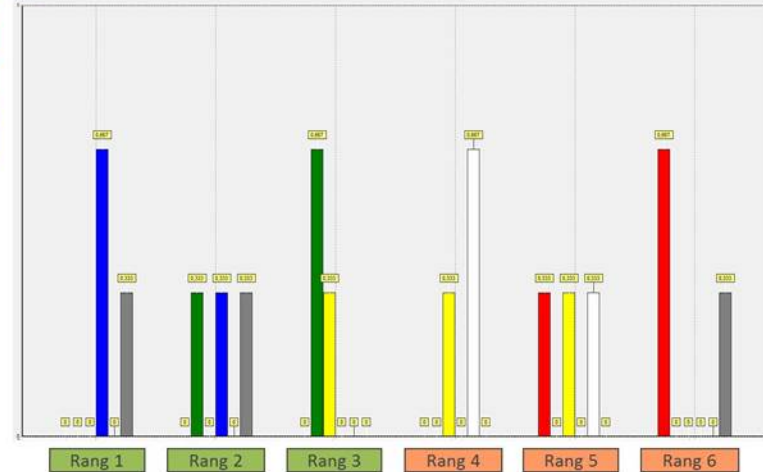
- Bäume
- Pflasterung
- Dachbegrünung
- Fassadenbegrünung
- Pflanzkübel
- Markisen
- Brunnen
- Dachüberstände

3. PRIMATE: Anwendungsbeispiele

Verminderung Bodenerosion
 Niederschlagswassermanagement Wohngebiet
 Betrieblicher Hochwasserschutz
 Verbesserung mikroklimatischer Situation
 Kommunaler Hochwasserschutz



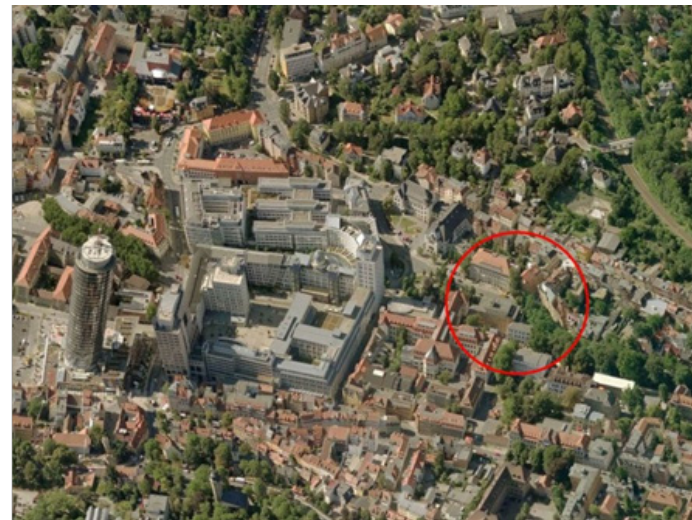
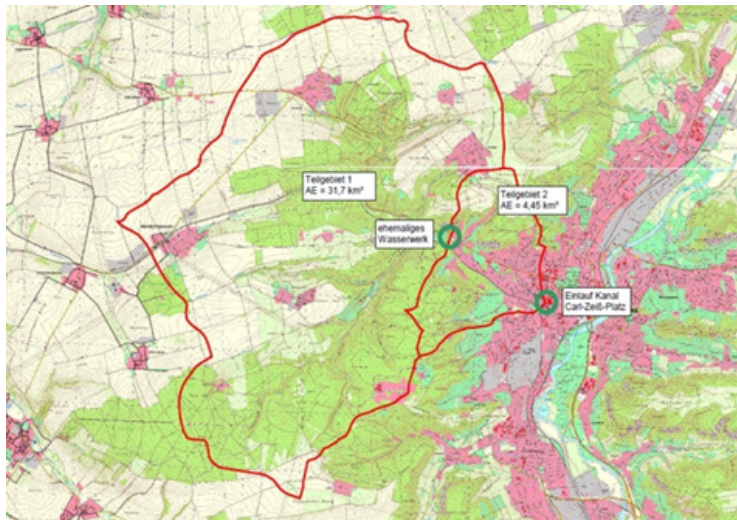
Nettoflüsse
 KSJ
 Nettoflüsse
 FB Umwelt
 Nettoflüsse
 FB Planung



■ Variante 1
 ■ Variante 2
 ■ Variante 3
 ■ Variante 4
 □ Variante 5
 ■ Variante 6

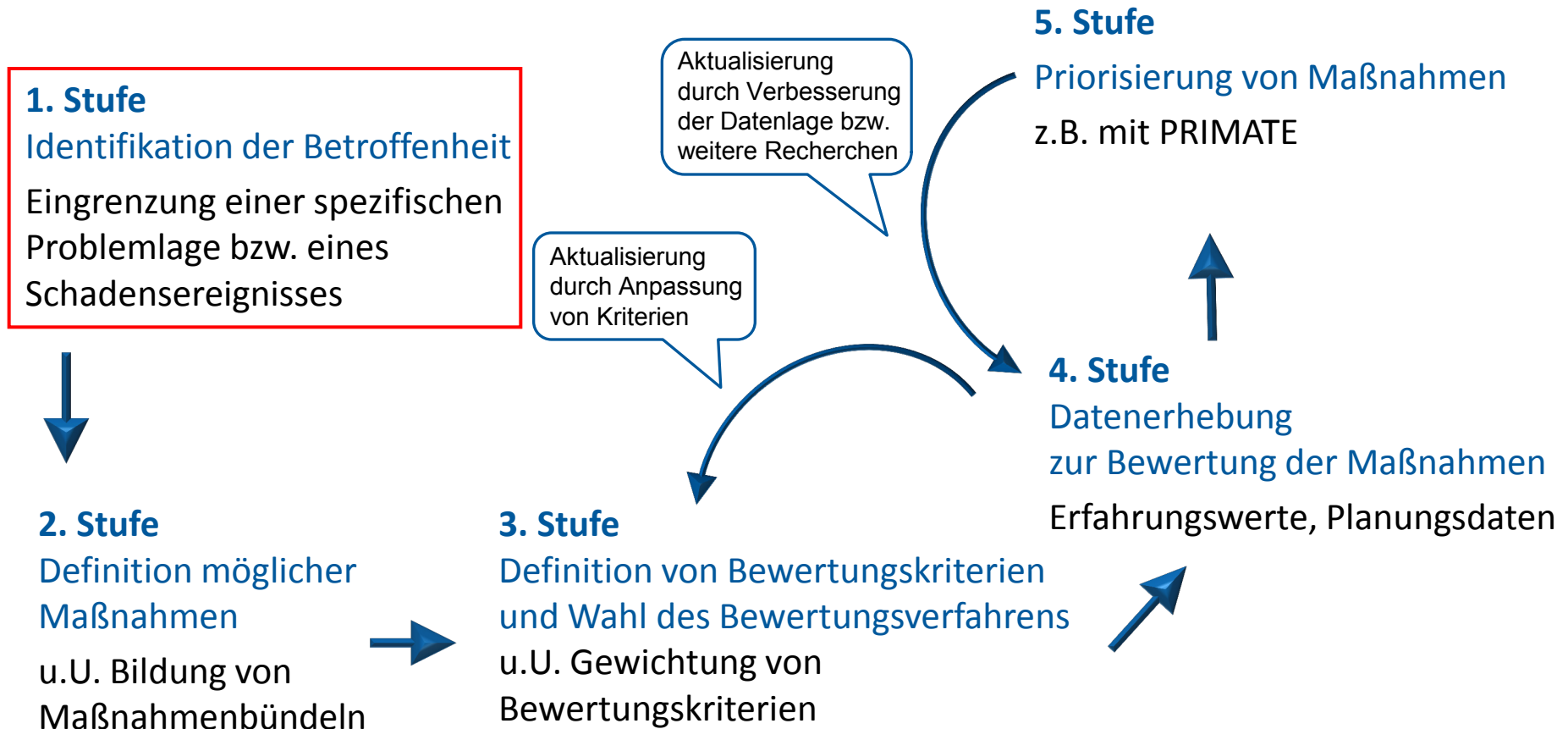
4. Fallbeispiel Leutra-Rechen

- Gewässer zweiter Ordnung, Einzugsgebiet ca. 36 km², **durchquert Stadtgebiet** aus Mühlthal kommend vor Einmündung in Saale
- Unterirdische Führung ab Carl-Zeiß-Platz in ca. **560m langen Kanal**
- **Neugestaltung Tunnel-Einlauf** notwendig, da Rechenbauwerk durch Beräunungen beschädigt und im Hochwasserfall häufig durch Treibgut blockiert
- **Erhöhung Hochwasserschutzniveau** von HQ20 auf HQ50 möglich
- **Vergleich** möglicher **Ausführungsvarianten** bezgl. ihrer Wirtschaftlichkeit



Quelle: Stadtverwaltung Jena (2010): Hydrologisches und hydraulisches Gutachten Leutra, Anlage 1;
Microsoft Bing Maps (2012).

4. Ablauf Bewertungs- & Priorisierungsprozess



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Betroffenheit

- Überschwemmungen der Leutra v.a. infolge **sommerlicher Starkregenereignisse** (Basis: historische Daten, Einsatzpläne Feuerwehr)
- **Zunahme Starkregenereignisse** im Zuge des Klimawandels allgemein **erwartet**
- Bereich der Kanaleinmündung am Carl-Zeiß-Platz, auch Untergeschosse umliegender Gebäude (u.a. Tiefgarage Goethe-Galerie) betroffen
- Großes Schadenspotenzial bei starker Überschwemmung in Innenstadtbereich
- Verbesserung Hochwasserschutz durch langfristige & kurzfristige Maßnahmen



Quelle: Stadtverwaltung Jena (2012)

4. Ablauf Bewertungs- & Priorisierungsprozess

1. Stufe

Identifikation der Betroffenheit

Eingrenzung einer spezifischen Problemlage bzw. eines Schadensereignisses



2. Stufe

Definition möglicher Maßnahmen
u.U. Bildung von Maßnahmenbündeln



3. Stufe

Definition von Bewertungskriterien
und Wahl des Bewertungsverfahrens
u.U. Gewichtung von
Bewertungskriterien

Aktualisierung
durch Anpassung
von Kriterien

Aktualisierung
durch Verbesserung
der Datenlage bzw.
weitere Recherchen

5. Stufe

Priorisierung von Maßnahmen
z.B. mit PRIMATE

4. Stufe

Datenerhebung
zur Bewertung der Maßnahmen
Erfahrungswerte, Planungsdaten



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Maßnahmen

Langfristige Maßnahmen zur Verbesserung Hochwasserschutz

- (Teil-)Öffnung Leutra-Tunnel
- Erweiterung Leutra-Tunnel um eine zweite Röhre
- Verändertes Versickerungsmanagement entlang der Leutra (Stadtgebiet)
- Veränderung der Flächennutzung am Oberlauf des Gewässers
- Anlage von Rückstaumöglichkeiten am Oberlauf des Gewässers

Kurzfristige Maßnahmen zur Verbesserung Hochwasserschutz

- **Neu-Gestaltung Einlauf** zum Leutra-Tunnel
- Einbau selbstreinigenden, treibgutabweisenden Einlaufgitter (Leutra-Rechen) zur Senkung des Überspülens des Eingangs zum Leutra-Tunnel



Quelle: UFZ (2012)

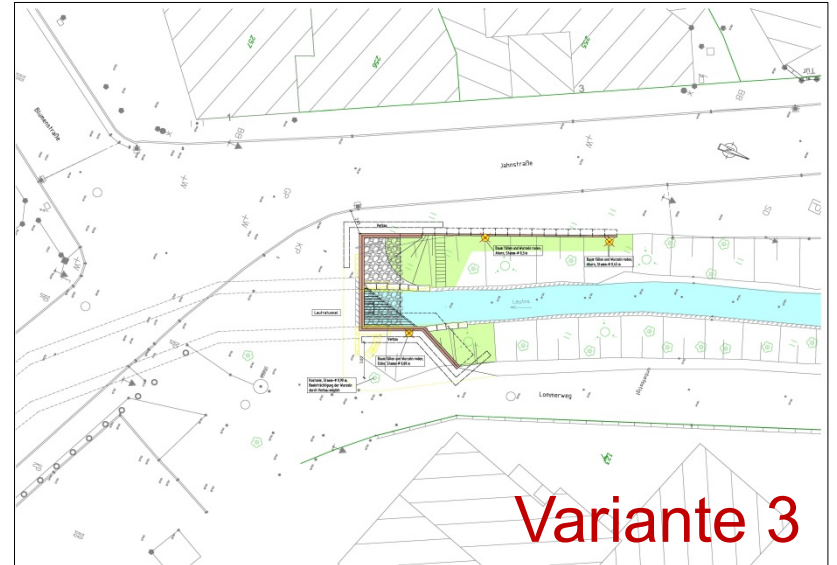
4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Maßnahmen

Var.	Kurzbeschreibung	Erläuterung
1	Liegender, gerader Rechen direkt am vorhandenen Einlauf	Rechen mit ca. 35° Neigung, Befestigung an Stahlbetonkonstruktion (Trog), durch niedrige Neigung Ablagerung des Schwemmguts auf vorgesehener Ablagefläche auf dem Stahlbeton-Trog
2	Stehender Dreieck-Rechen direkt am vorhandenen Einlauf	Senkrechter Rechen in Dreiecksform, Befestigung an Stahlbetonkonstruktion (Trog), durch Dreiecksform Ablagerung des Schwemmguts zu beiden Seiten des Einlaufs
3
4	Stehender Dreieck-Rechen (wie Var. 2) ca. 7,0 m versetzt (Teilabbruch Leutratunnel)	Vgl. Variante 2
5
6	Tosbecken ca. 30,0 m stromabwärts (Teilabbruch Leutratunnel)	Versetzung des Einlauftunnels um ca. 30,0 m stromabwärts, Ablagerung des Schwemmguts im Stauraum des Tosbeckens

4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Ausführungsvarianten



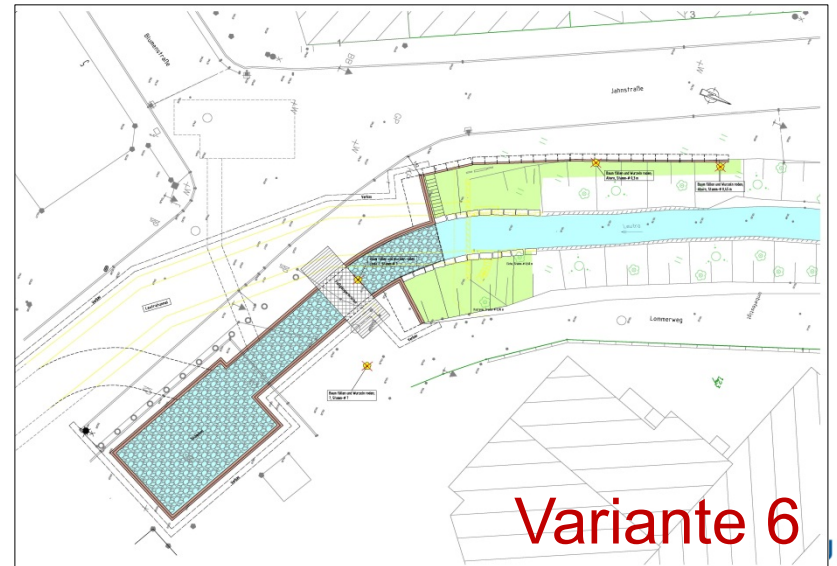
Variante 1



Variante 3

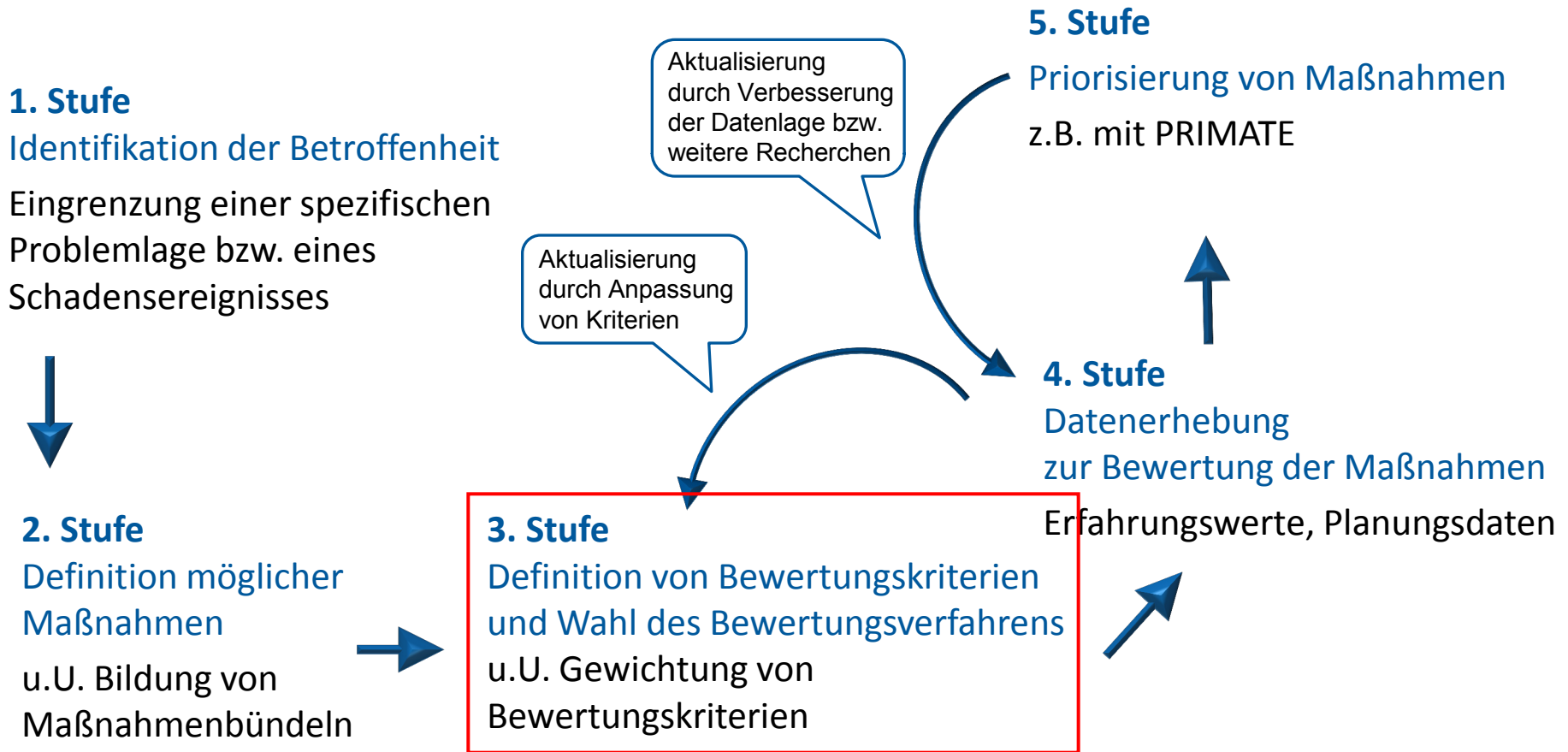


Variante 4



Variante 6

4. Ablauf Bewertungs- & Priorisierungsprozess



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Bewertungskriterien

Kosten
Kostenbarwert (Zeitraum: 100 Jahre, Diskontrate: 3%) <ul style="list-style-type: none">• Investitionskosten• Re-Investitionskosten• Unterhaltungskosten
Nutzen
Wirksamkeit
Beschädigungsarme Wartung
Ökologische Aspekte
Gestalterische Aspekte

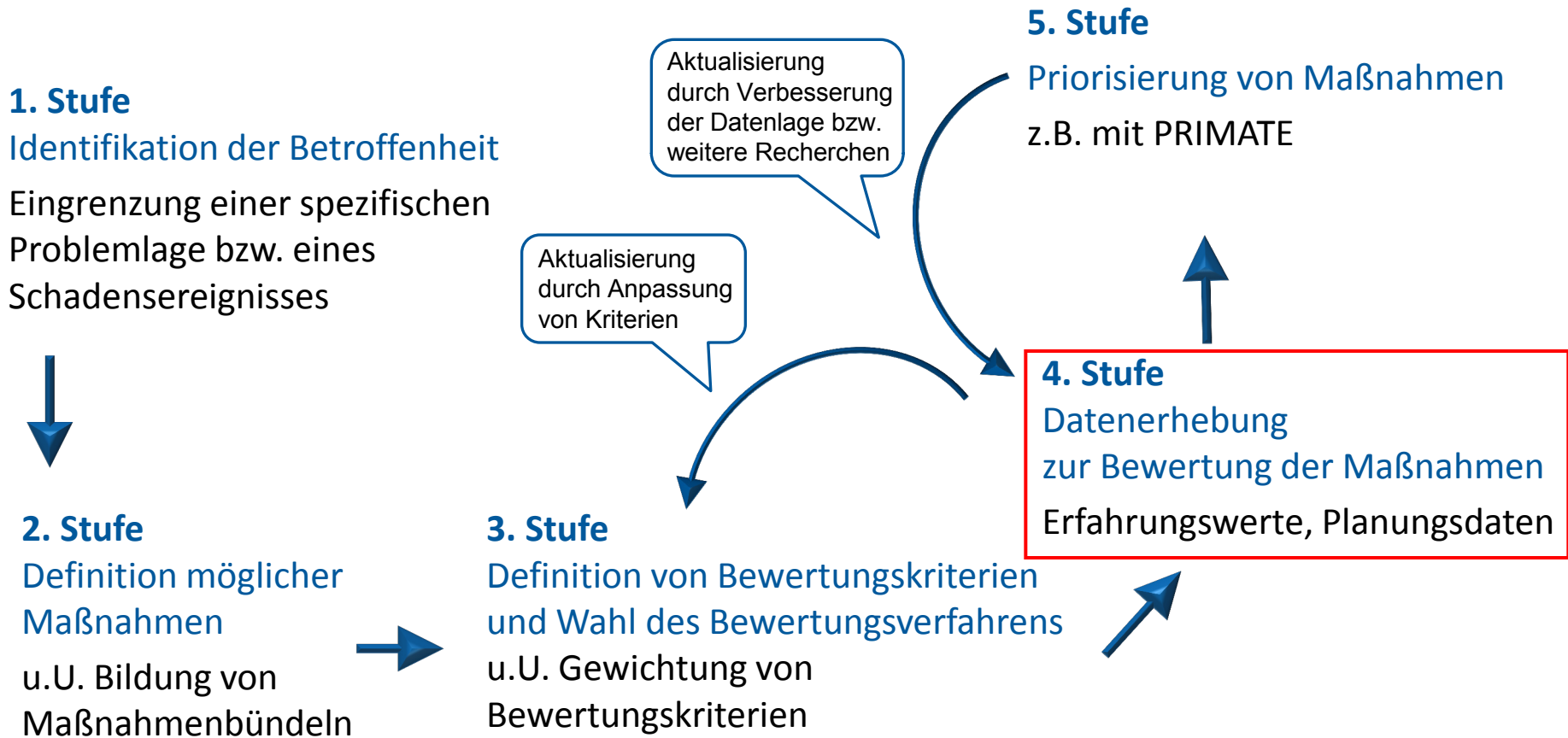
4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Bewertungsverfahren, Gewichtung

- Berücksichtigung zahlreicher Bewertungskriterien bei Abwägung
 - Verwendung unterschiedlich skalierten Bewertungskriterien (quantitativ-monetär, qualitativ)
- Anwendung **Multikriterien-Analyse**

Gewichtung der Bewertungskriterien durch Entscheidungsträger

Kriterienblöcke	KSJ	FB Bauen und Umwelt FD Umweltschutz	FB Stadtentwicklung/ planung
Kosten	50	10	20
Nutzen	50	90	80
	100	100	100
Kostenkriterienblock			
Gesamtkosten (Invest., Re-Inv., Unterhaltung)	100	100	100
Nutzenkriterienblock			
Wirksamkeit	60	67	68
beschädigungsarme Wartung	20	11	13
ökologische Aspekte	20	22	13
gestalterische Aspekte	0	0	6
	100	100	100

4. Ablauf Bewertungs- & Priorisierungsprozess



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Datenerhebung

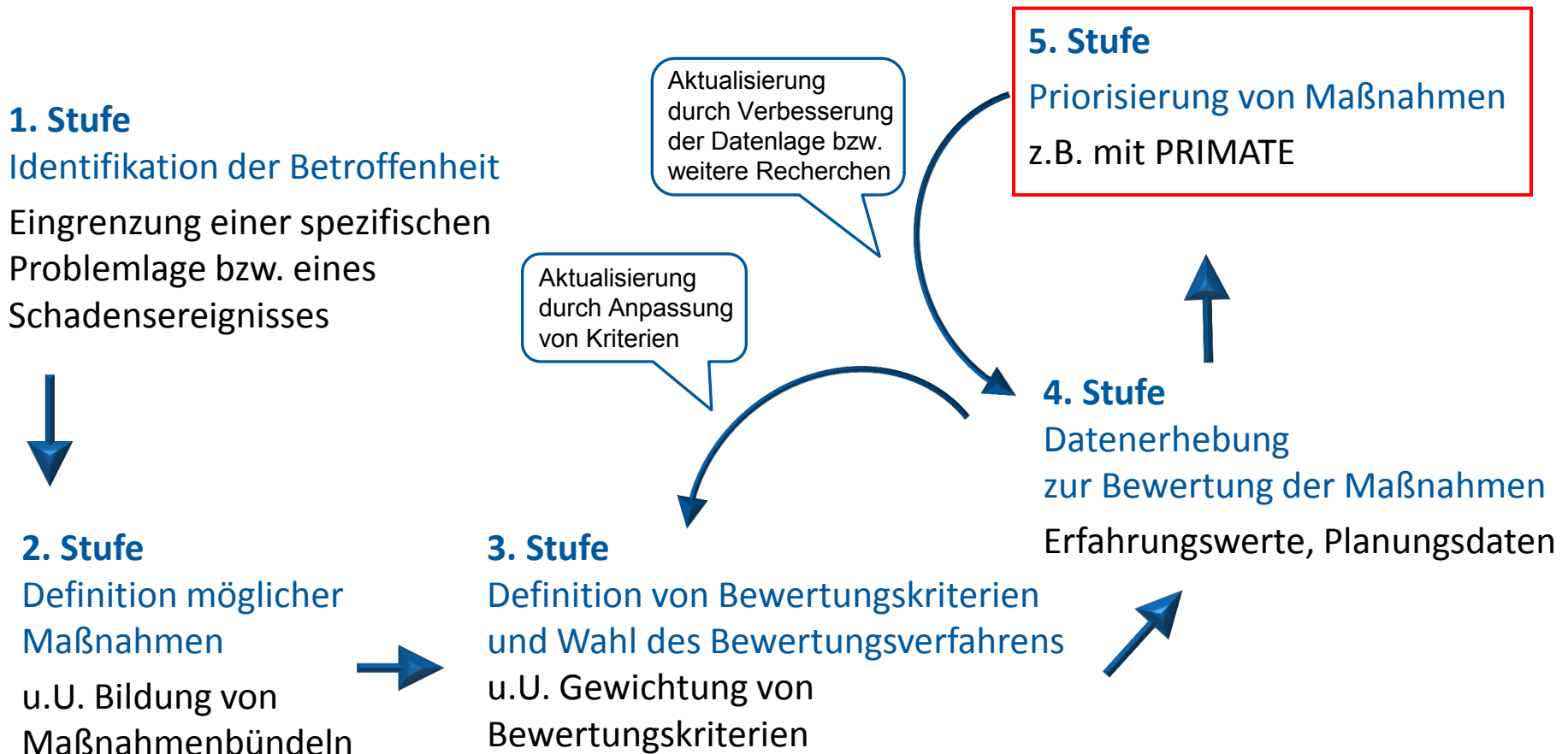
Datenquellen

- Expertenbefragung
- Ergänzung und Validierung durch Recherchen zu vergleichbaren Projekten

	Gesamtinvestitionskosten	Re-Investitionskosten (100 Jahre)	Unterhaltungskosten	Kostenbarwert (100 Jahre, 3% Diskontrate)	Wirk samkeit	Beschä digungs arme Wartung	Ökolo gische Aspekte	Gestalte rische Aspekte
Variante 1	122.651	26.724	800	154.836	1	2	2	3
Variante 2	108.170	26.258	725	137.782	3	3	2	2
Variante 3	122.949	26.373	799	155.023	2	3	2	2
Variante 4	119.170	27.239	787	151.023	3	3	4	2
Variante 5	137.227	30.338	899	173.438	1	2	4	3
Variante 6	454.532	50.052	2.623	551.458	4	5	3	4

 für Bewertung verwendete Angaben

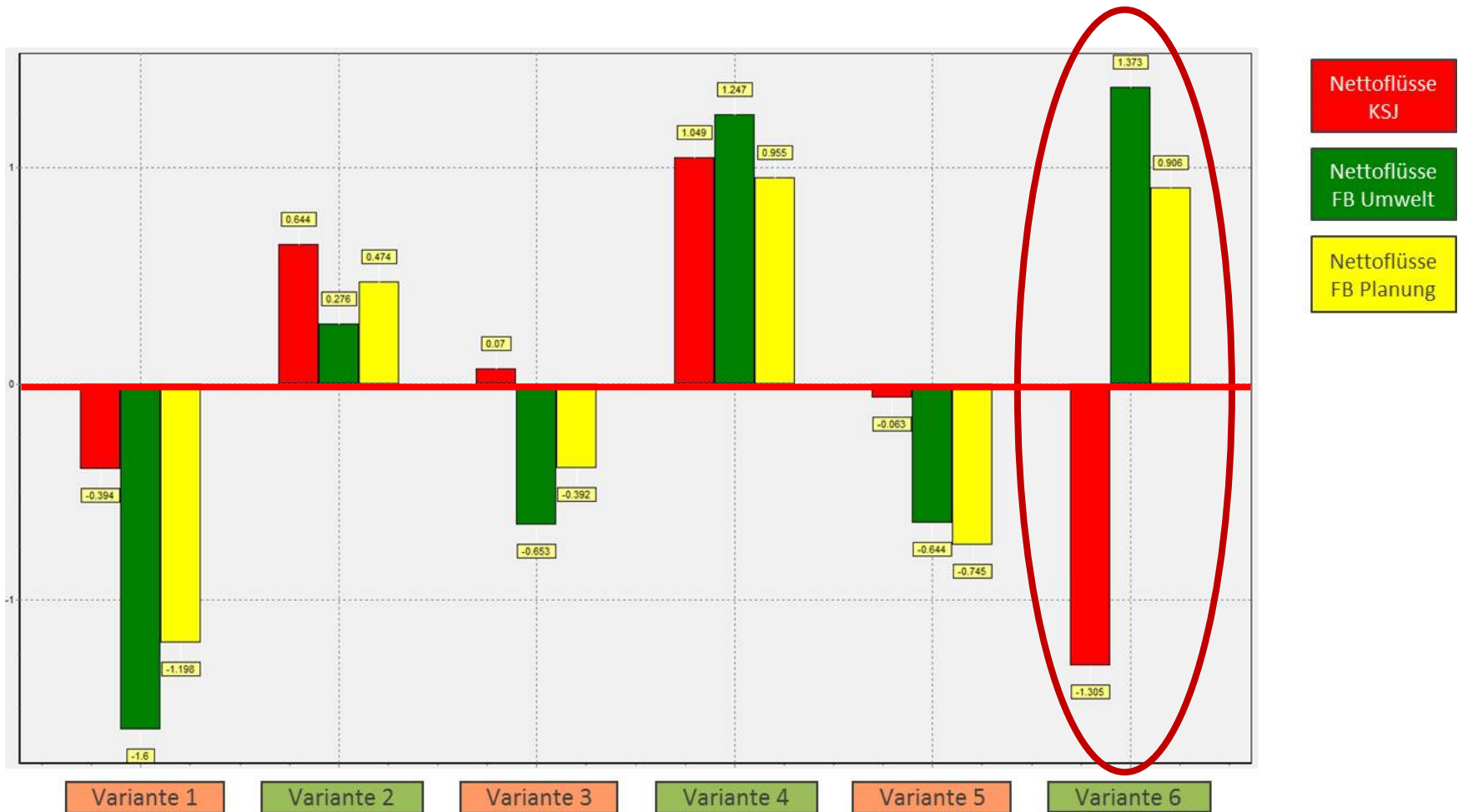
4. Ablauf Bewertungs- & Priorisierungsprozess



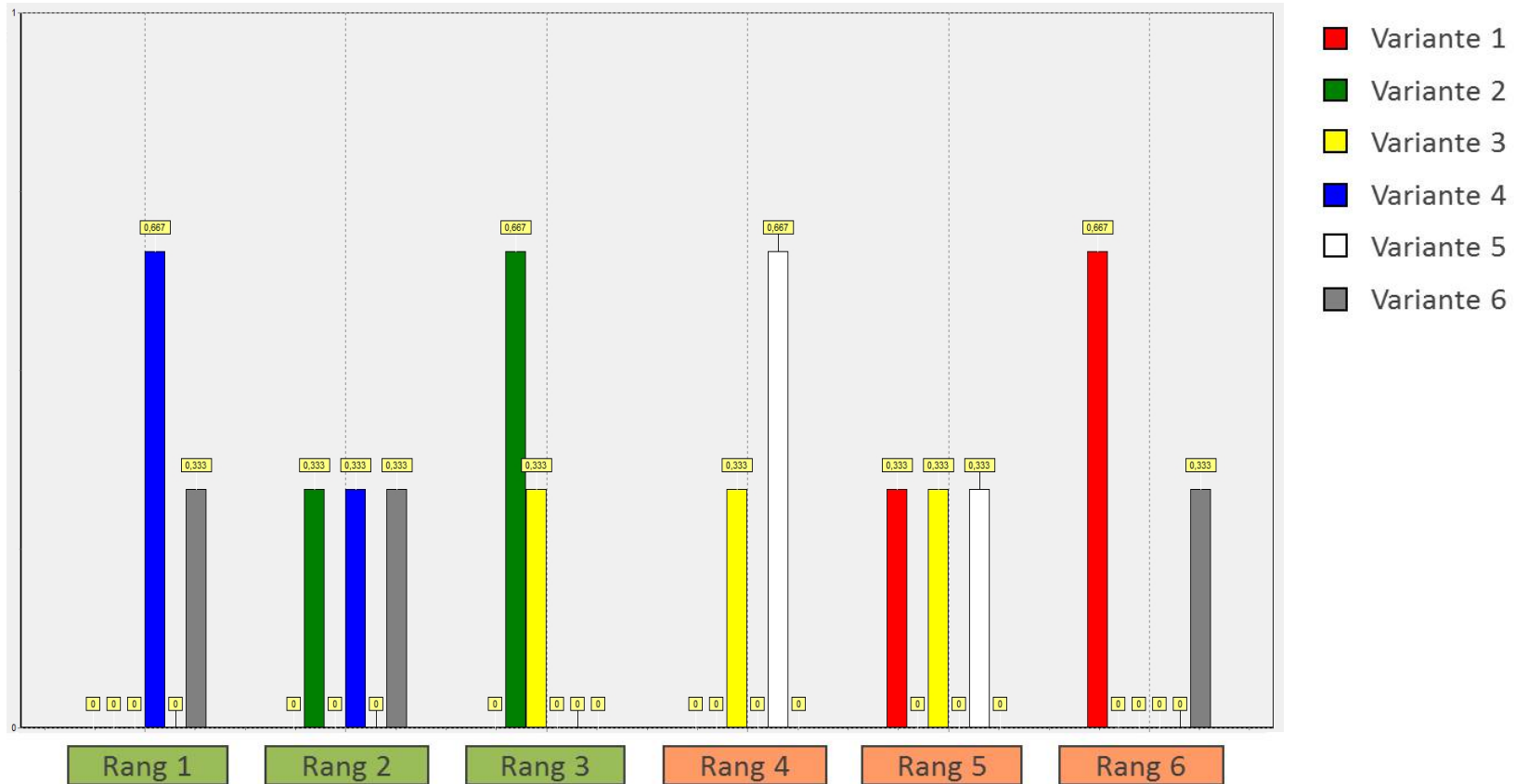
4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Priorisierung



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Priorisierung



4. Fallbeispiel Leutra-Rechen: Priorisierung



- Unter Berücksichtigung der verwendeten Bewertungskriterien, Daten und Gewichtungssets stellt die **Variante 4** die zu wählende **Vorzugsalternative** dar.
- Die aufwendige **Variante 6** (mit Einschränkungen) sowie **die der Vorzugsvariante ähnliche Variante 2** können als **nächstbeste Optionen** betrachtet werden.
- **Varianten 3, 5 und 1** sind unter den getroffenen Annahmen **am wenigsten geeignet**.

5. Resümee

UFZ-Leitfaden ...

- beschreibt eine **Bewertungsheuristik** zur Unterstützung klimaanpassungsbezogener Entscheidungsprozesse
- bildet **partizipativen Bewertungsprozess** ab, der Entscheidungsträger und mögliche Anspruchsgruppen einbindet

PRIMATE ...

- kann **Datenunsicherheiten** im Priorisierungsprozess berücksichtigen
- ermöglicht Einbeziehung **unterschiedlicher Kriteriengewichtungen**
- stellt **Auswirkung** unterschiedlicher Kriteriengewichtungen auf Priorisierungsergebnis dar
- ermöglicht die Identifikation von **unvergleichbaren Alternativen**
- erhöht **Transparenz** des Bewertungsprozesses
- erleichtert Identifikation von **Handlungsspielräumen** und **Kompromisslösungen**

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

