

CRVA Beispielbericht

Dipl. Ing. Sören Gebbert
Institut für holistische Technologieforschung GmbH
Dahlgrundsweg 5, 38312 Börßum
info@holistech.ai

Inhaltsverzeichnis

Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (CRVA)	1
1. Zusammenfassung für die Geschäftsleitung	2
2. Methodik	3
2.1 Untersuchungsgegenstand und Systemgrenzen	3
2.2 Klimagefahren-Screening (Anlage A EU-Taxonomie)	3
2.3 Nicht analysierte Klimagefahren	4
2.4 Datenquellen und Modelle	5
3. Materialitäts-Screening	5
4. Detailanalyse materieller Klimagefahren	6
4.1 Hitzestress	6
4.2 Sturzflut/Oberflächenabfluss	7
4.3 Grundwasserneubildung	9
4.4 Dürre-Vulnerabilität	11
4.5 Windexposition	12
5. Risikobewertung	16
5.1 Risikomatrix (IPCC AR6 Framework)	16
5.2 Standort-Risikoprofil	17
5.3 Zeitliche Entwicklung der Klimarisiken	18
6. Anpassungsmaßnahmen	20
6.1 Kurzfristige Maßnahmen (0-2 Jahre)	20
6.2 Mittelfristige Maßnahmen (2-5 Jahre)	20
6.3 Langfristige Maßnahmen (5+ Jahre)	21
6.4 Rechtliche Einordnung	22
7. Technischer Anhang	23
7.1 Datenquellen	23
7.2 Methodik-Details	23
7.3 Unsicherheiten und Limitationen	25
7.4 Referenzen	25
7.5 Audit-Trail und Nachvollziehbarkeit	26

Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (CRVA)

Standort: Anonymisierte Adresse (LOC001) **Erstellt am:** 17. Februar 2026 **Klimaszenario:** RCP 8.5 (Worst-Case nach Vorsorgeprinzip) **Zeithorizont:** 2050 **Referenzperiode:** 2024 (Referenzzustand) **Methodik:** EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139),

ENTWURF — Automatisch erstellter Vorschaubericht

Alle Messwerte, Hazard-Indizes und Statistiken in diesem Bericht wurden mit voller Genauigkeit am exakten Standort erhoben. Ausschließlich die Verortung (Koordinaten, Adresse und Name der Immobilie/Firma) wurde aus Datenschutzgründen für die automatische Berichterstellung anonymisiert. Die Analyseergebnisse selbst sind davon nicht betroffen.

Dieser Bericht dient als unverbindliche Vorschau und erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit. Für eine verbindliche Klimarisikobewertung ist eine vollständige CRVA erforderlich.

1. Zusammenfassung für die Geschäftsleitung

Die vorliegende Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (CRVA) bewertet die physischen Klimarisiken für den Standort Anonymisierte Adresse gemäß den Anforderungen der EU-Taxonomie-Verordnung (Delegierte VO 2021/2139). Die Analyse deckt 12 Klimagefahren ab und projiziert deren Entwicklung unter dem RCP 8.5 Szenario bis zum Jahr 2050.

Gesamtrisikobewertung: Mittel

Das Gesamtrisiko wird als **mittel** eingestuft. Von den 12 analysierten Klimagefahren wurden fünf als materiell identifiziert, darunter eine Gefährdung mit hoher Risikoklasse. Der Anteil der Hochrisiko-Gefährdungen beträgt 8,3 %.

Materielle Klimagefahren:

- Hitzestress (Exposition: 0,79 — Hoch)
- Sturzflut/Oberflächenabfluss (Exposition: 0,66 — Mittel)
- Grundwasserneubildung (Exposition: 0,65 — Mittel)
- Dürre-Vulnerabilität (Exposition: 0,50 — Mittel)
- Windexposition (Exposition: 0,47 — Mittel)

Kernaussagen:

Die Analyse zeigt, dass Hitzestress die dominierende Klimagefahr am Standort darstellt und unter dem RCP 8.5 Szenario bis 2050 einen Expositionswert von 0,79 erreicht, was einer Verdopplung gegenüber dem Referenzzustand (0,36) entspricht. Das Sturzflutrisiko bleibt auf mittlerem Niveau stabil, wird jedoch durch die projizierte Zunahme von Extremniederschlägen (+7 %) langfristig ansteigen. Die Grundwasserneubildung ist durch die steigende Evapotranspiration bei zunehmenden Hitzetagen gefährdet. Die Dürre-Vulnerabilität steigt moderat an, getrieben durch häufigere und intensivere Hitzeperioden. Der Standort zeigt aufgrund seiner topographischen Position eine mittlere Windexposition.

Handlungsempfehlungen (nach Priorität):

1. Hitzeaktionspläne erstellen und Sonnenschutzmaßnahmen umsetzen (sofort)

2. Frühwarnsysteme für Starkregen integrieren und Rückstauklappen installieren (kurzfristig)
3. Dach- und Fassadenbegrünung sowie Entsiegelungsmaßnahmen planen (mittelfristig)
4. Wassersparende Technologien und Regenwassernutzung einführen (mittelfristig)
5. Klimaresilienz in langfristige Sanierungsplanung integrieren (langfristig)

2. Methodik

2.1 Untersuchungsgegenstand und Systemgrenzen

Parameter	Wert
Analysierte Assets	1 Standort
Räumlicher Bezug	Deutschland (Niedersachsen)
Klimaszenario	RCP 8.5 (Worst-Case nach Vorsorgeprinzip)
Zeithorizont	2050
Referenzperiode	2024 (Referenzzustand)

2.2 Klimagefahren-Screening (Anlage A EU-Taxonomie)

Die EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139, Anlage A) definiert 33 Klimagefahren, gruppiert in vier Kategorien:

Temperaturbedingt

Klimagefahr	Typ	Analysiert	Begründung
Hitzewelle	Akut	✓	Als „Hitzestress“ analysiert
Kältewelle/Frost	Akut	✓	Als „Frost“ analysiert
Waldbrand	Akut	✓	Analysiert
Temperaturvariabilität	Chronisch	✓	Analysiert
Temperaturänderung	Chronisch	○	In Hitzestress integriert
Permafrost-Auftauen	Chronisch	✗	Regional nicht relevant
Hitzestress	Chronisch	✓	Analysiert

Windbedingt

Klimagefahr	Typ	Analysiert	Begründung
Wirbelsturm	Akut	✗	In Deutschland nicht relevant
Sturm	Akut	✓	Analysiert
Tornado	Akut	○	Seltenes Ereignis

Klimagefahr	Typ	Analysiert	Begründung
Windmuster-Änderung	Chronisch	○	Datenlage unzureichend

Wasserbedingt

Klimagefahr	Typ	Analysiert	Begründung
Starkregen/Sturzflut	Akut	✓	Als „Sturzflut/Oberflächenabfluss“ analysiert
Flusshochwasser	Akut	✓	Analysiert
Küstenhochwasser	Akut	✗	Standort nicht küstennah
Dürre	Chronisch	✓	Als „Dürre-Vulnerabilität“ analysiert
Wasserknappheit	Chronisch	○	In Dürre integriert
Grundwasseränderung	Chronisch	✓	Als „Grundwasserneubildung“ analysiert
Meeresspiegelanstieg	Chronisch	✗	Standort nicht küstennah
Versalzung	Chronisch	✗	Regional nicht relevant
Gletscherseeausbruch	Akut	✗	In Deutschland nicht relevant

Feste Masse

Klimagefahr	Typ	Analysiert	Begründung
Lawine	Akut	✗	Kein Hochgebirge
Erdrutsch/Hangrutschung	Akut	✓	Analysiert
Senkung/Bodensenkung	Chronisch	○	Keine Bergbauggebiete
Bodenerosion	Chronisch	✓	Analysiert

Legende: ✓ = Vollständig analysiert | ○ = Teilweise/Indirekt berücksichtigt | ✗ = Nicht analysiert (mit Begründung)

2.3 Nicht analysierte Klimagefahren

Folgende Klimagefahren wurden aus der Analyse ausgeschlossen:

Klimagefahr	Ausschlussgrund
Permafrost-Auftauen	In Deutschland nicht vorhanden (nur arktische Regionen)
Wirbelsturm (Zyklon)	Tropische Wirbelstürme erreichen Mitteleuropa nicht
Küstenhochwasser	Standort weit von der Küste entfernt
Meeresspiegelanstieg	Keine Küstenlage
Versalzung	Keine Küstenlage, keine Bewässerungslandwirtschaft
Gletscherseeausbruch	Keine Gletscher in der Region

Klimagefahr	Ausschlussgrund
Lawine	Keine alpinen Bedingungen

2.4 Datenquellen und Modelle

Datenquelle	Typ	Auflösung	Zeitraum
Copernicus DEM GLO-30	Geländemodell	30 m	aktuell
DWD Beobachtungsdaten	Referenzzustand (Gegenwart)	variabel	1991-2024
DWD Hazard-Referenz	Gefährdungs-Referenzdaten	variabel	aktuell
EURO-CORDEX	Klimaprojektionen (Zukunft)	~12 km (EUR-11)	1971-2100
ESA WorldCover	Landbedeckung	10 m	2021
ISRIC SoilGrids	Bodendaten	250 m	aktuell

DWD-Daten dienen als Referenz für den aktuellen Klimazustand. EURO-CORDEX liefert die regionalen Klimaprojektionen für die Zukunftsszenarien RCP 2.6, RCP 4.5 und RCP 8.5.

3. Materialitäts-Screening

Das Materialitäts-Screening identifiziert Klimagefahren, die für den Standort wesentlich (materiell) sind. Als materiell gelten Gefährdungen mit einer Exposition $\geq 0,40$ (Risikoklasse Mittel oder Hoch).

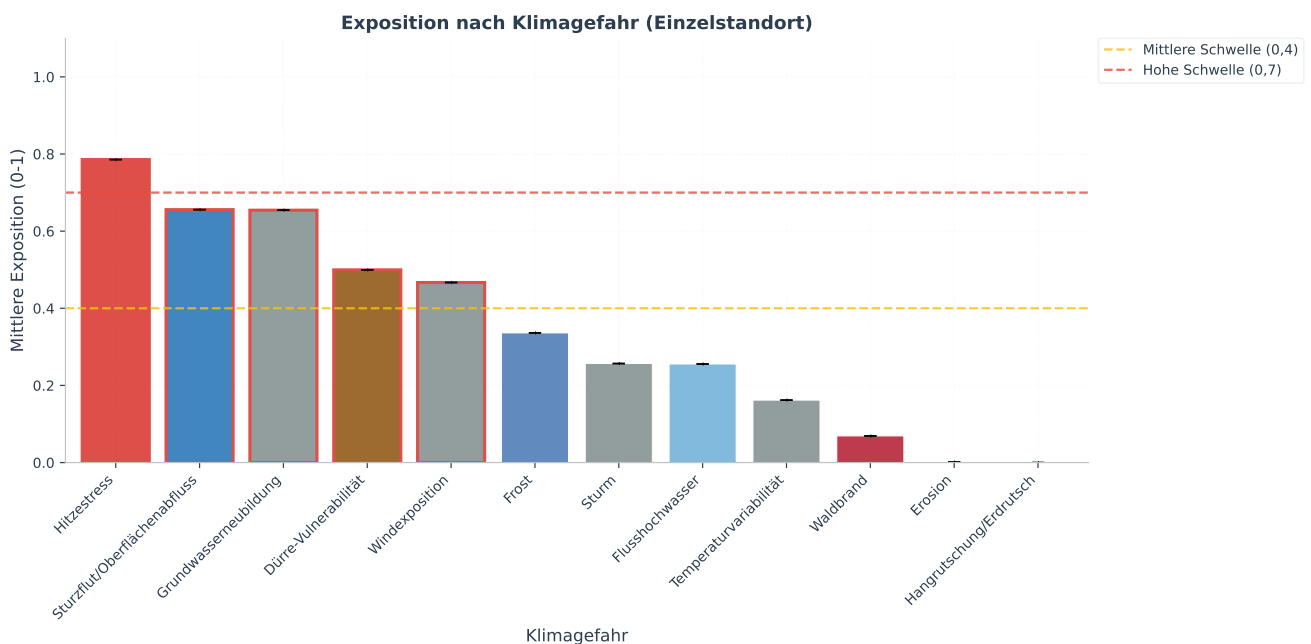


Abbildung 1: Expositionenverteilung nach Klimagefahr

Abbildung 1: Exposition pro Klimagefahr. Gestrichelte Linien markieren Materialitätsschwellen (0,4 = mittel, 0,7 = hoch).

Die Expositionsverteilung zeigt eine klare Differenzierung zwischen materiellen und nicht-materiellen Gefährdungen. Hitzestress ragt als einzige Gefährdung in die hohe Risikoklasse hinein.

Materielle Klimagefahren (Risikoklasse Mittel oder Hoch) Hitzestress — Exposition: 0,79 (Hoch)

Sturzflut/Oberflächenabfluss — Exposition: 0,66 (Mittel)

Grundwasserneubildung — Exposition: 0,65 (Mittel)

Dürre-Vulnerabilität — Exposition: 0,50 (Mittel)

Windexposition — Exposition: 0,47 (Mittel)

Nicht-materielle Klimagefahren (Risikoklasse Niedrig) Niedrige Exposition (< 0,40): Frost (0,34), Flusshochwasser (0,26), Sturm (0,26), Temperaturvariabilität (0,16), Waldbrand (0,07), Erosion (< 0,01), Hangrutschung (0,00)

4. Detailanalyse materieller Klimagefahren

4.1 Hitzestress

Aktuelle Exposition:

- Expositions Wert: 0,79 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Hoch

Die hohe Hitzestress-Exposition ergibt sich aus der Kombination von niedriger Höhenlage, teilweiser Südexposition und dem urbanen Wärmeinseleffekt durch den Versiegelungsgrad von 24,7 % im Umfeld.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Unter dem RCP 8.5 Szenario steigt der Hitzestress-Index von 0,36 (Referenzzustand) auf 0,79 bis 2050 — eine Zunahme um 120 %. Dieser starke Anstieg wird durch die Zunahme der Hitzetage (> 30 °C) getrieben, deren Häufigkeit sich gemäß EURO-CORDEX-Projektionen bis 2050 um den Faktor 2,59 erhöht. Bis 2100 erreicht der Hitzestress unter RCP 8.5 den Maximalwert von 1,00.

Hitzestress Referenzzustand vs. Klimaprojektion

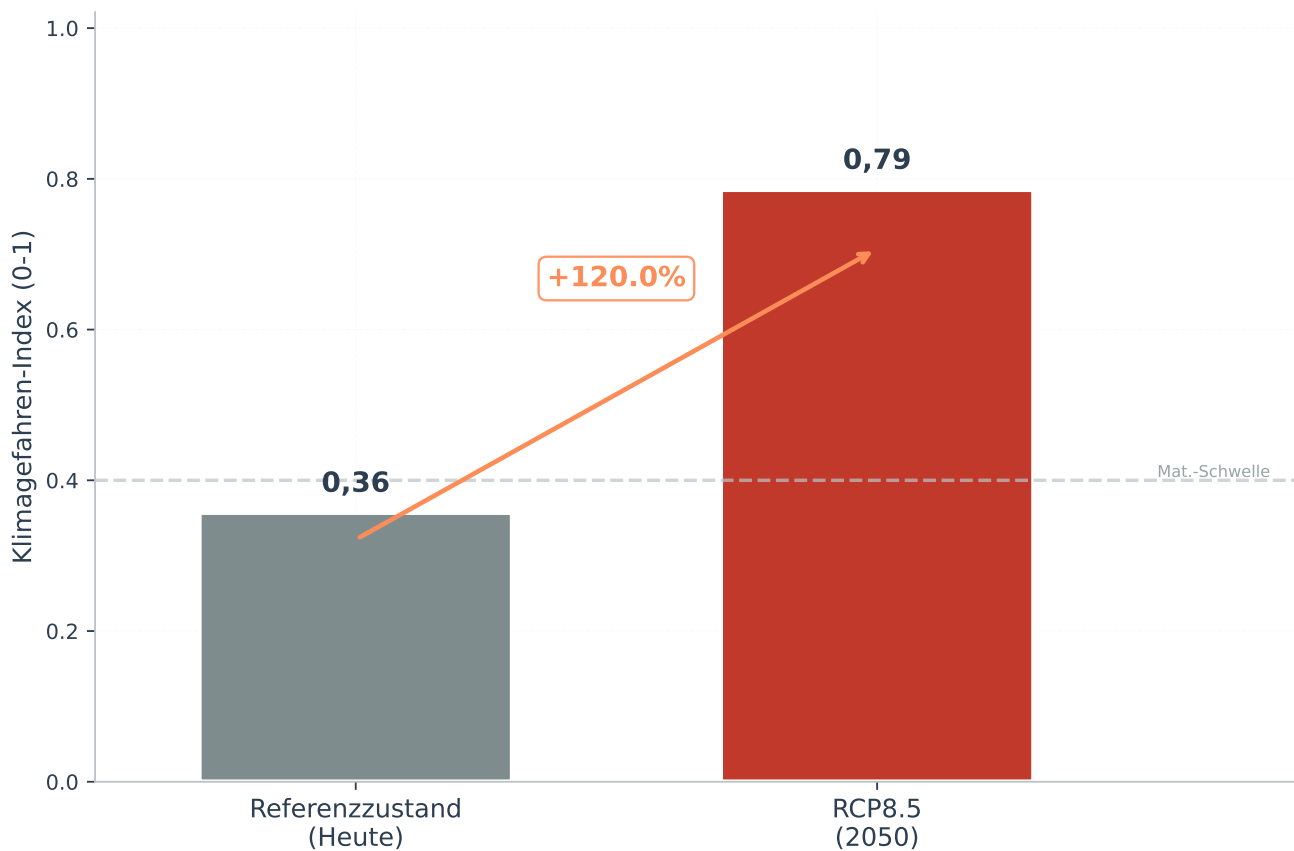


Abbildung 2: Baseline vs. Projektion Hitzestress

Abbildung 2: Vergleich der aktuellen Exposition (Referenzzustand) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 für Hitzestress.

Implikationen: Die hohe Hitzestress-Exposition erfordert unmittelbare Maßnahmen zum Schutz von Personen am Standort. Insbesondere in den Sommermonaten sind Hitzeaktionspläne, Sonnenschutz und ausreichende Kühlung kritisch.

4.2 Sturzflut/Oberflächenabfluss

Aktuelle Exposition:

- Expositions Wert: 0,66 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel

Umgebungsanalyse:

- Versiegelungsgrad: 24,7 % durchschnittlich versiegelte Fläche im 500-m-Umfeld → Erhöht den Oberflächenabfluss bei Starkregen moderat
- Versickerungsflächen: 32,9 % natürliche Versickerungsflächen vorhanden → Gute Pufferkapazität für Niederschlag durch Grünland und Baumbestand

- Geländeneigung: Flaches Gelände (mittlere Hangneigung 2,93°) im Einzugsgebiet → Verringert die Fließgeschwindigkeit, erhöht aber die Wasseransammlung
- Bodenfeuchte: Erhöhte Bodenfeuchte/Wassersammeltendenz (TWI-Mittel: 8,21) → Risiko von Wasseransammlung in lokalen Senken

Terrain-Parameter:

Parameter	Wert	Einheit	Bedeutung
HAND (Height Above Nearest Drainage)	14,82	m	Abstand zum nächsten Gewässer in Höhenmetern
TWI Maximum	14,03	—	Topographischer Feuchteindex (höhere Werte = höhere Überflutungsgefahr)
Mittlere Hangneigung	2,93	°	Beeinflusst Fließgeschwindigkeit
Versiegelungsgrad	24,7	%	Reduziert natürliche Versickerung

Der HAND-Wert von 14,82 m zeigt eine moderate vertikale Distanz zum nächsten Entwässerungspunkt, was eine geringe direkte Flusshochwassergefährdung, aber keine Entwarnung für Sturzfluten bei Extremniederschlägen bedeutet. Der hohe TWI-Maximalwert von 14,03 deutet auf lokale Bereiche mit starker Wasserkonzentration hin.

Klimaskalierung Sturzflut:

Periode	Exposition	Skalierungsfaktor	Berechnung
Referenzzustand (1991-2020)	0,65	1,00	Ausgangswert
RCP 8.5 / 2050	0,66	1,07	$0,65 \times 1,07 \approx 0,66$

Der extreme_precip_factor von 1,07 für RCP 8.5/2050 entspricht einer 7%igen Zunahme von Extremniederschlägen (99. Perzentil) gemäß EURO-CORDEX MPI-ESM-LR Projektionen (Deutschland-Mittel).

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Die Sturzflut-Exposition steigt moderat von 0,65 (Referenzzustand) auf 0,66 (RCP 8.5, 2050). Langfristig ist bis 2100 unter RCP 8.5 eine deutlichere Zunahme auf 0,71 zu erwarten, bedingt durch die Intensivierung von Starkregenereignissen (+11 % extreme Niederschläge).

Sturzflut/Oberflächenabfluss Referenzzustand vs. Klimaprojektion

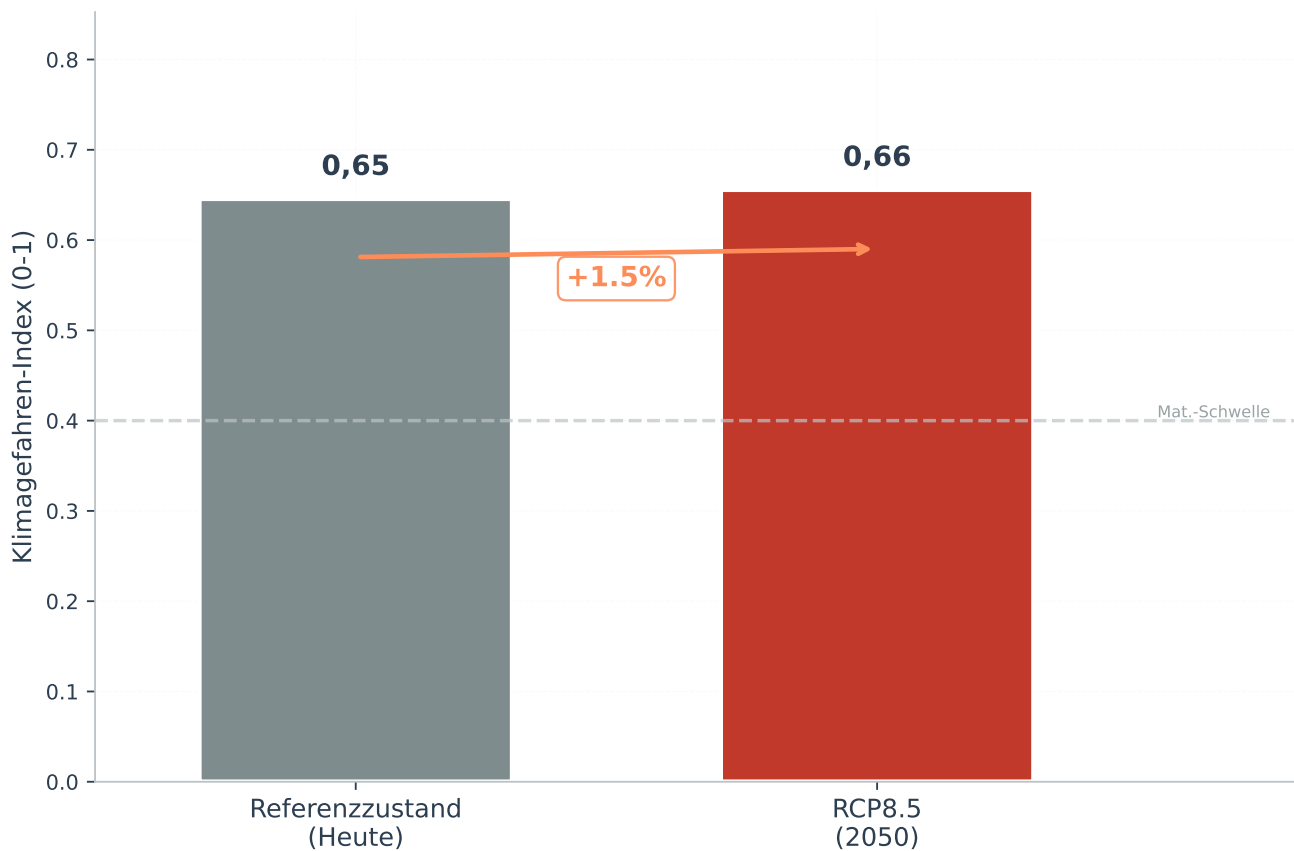


Abbildung 3: Baseline vs. Projektion Sturzflut

Abbildung 3: Vergleich der aktuellen Exposition (Referenzzustand) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 für Sturzflut/Oberflächenabfluss.

Implikationen: Trotz des flachen Geländes besteht ein mittleres Sturzflutrisiko, das durch den Versiegelungsgrad und die erhöhte Bodenfeuchte verstärkt wird. Rückstauklappen und Retentionsflächen sind empfohlene Schutzmaßnahmen.

Landnutzung im 500-m-Umfeld:

Landbedeckungsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
Ackerland	33,19	42,4
Bebaut/Versiegelt	19,33	24,7
Grünland	15,20	19,4
Baumbestand	10,55	13,5

4.3 Grundwasserneubildung

Aktuelle Exposition:

- Expositionswert: 0,65 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel

Der Grundwasserneubildungs-Index bewertet die Gefährdung der natürlichen Infiltration und Grundwassererneuerung. Ein hoher Wert signalisiert eingeschränkte Neubildung durch geringe Bodendurchlässigkeit, hohe Verdunstung oder mangelnde Versickerungsflächen.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Die Grundwasserneubildung verschlechtert sich von 0,57 (Referenzzustand) auf 0,65 (RCP 8.5, 2050). Bis 2100 steigt der Wert auf 0,71. Die Verschlechterung resultiert aus dem Zusammenspiel von leicht steigenden Niederschlägen (+6 %) und deutlich zunehmender Evapotranspiration durch mehr Hitzetage. Der abgeleitete Neubildungsfaktor (recharge_factor = 0,80 für RCP 8.5/2050) zeigt einen Rückgang der effektiven Grundwasserneubildung um 20 %.

**Grundwasserneubildung
Referenzzustand vs. Klimaprojektion**

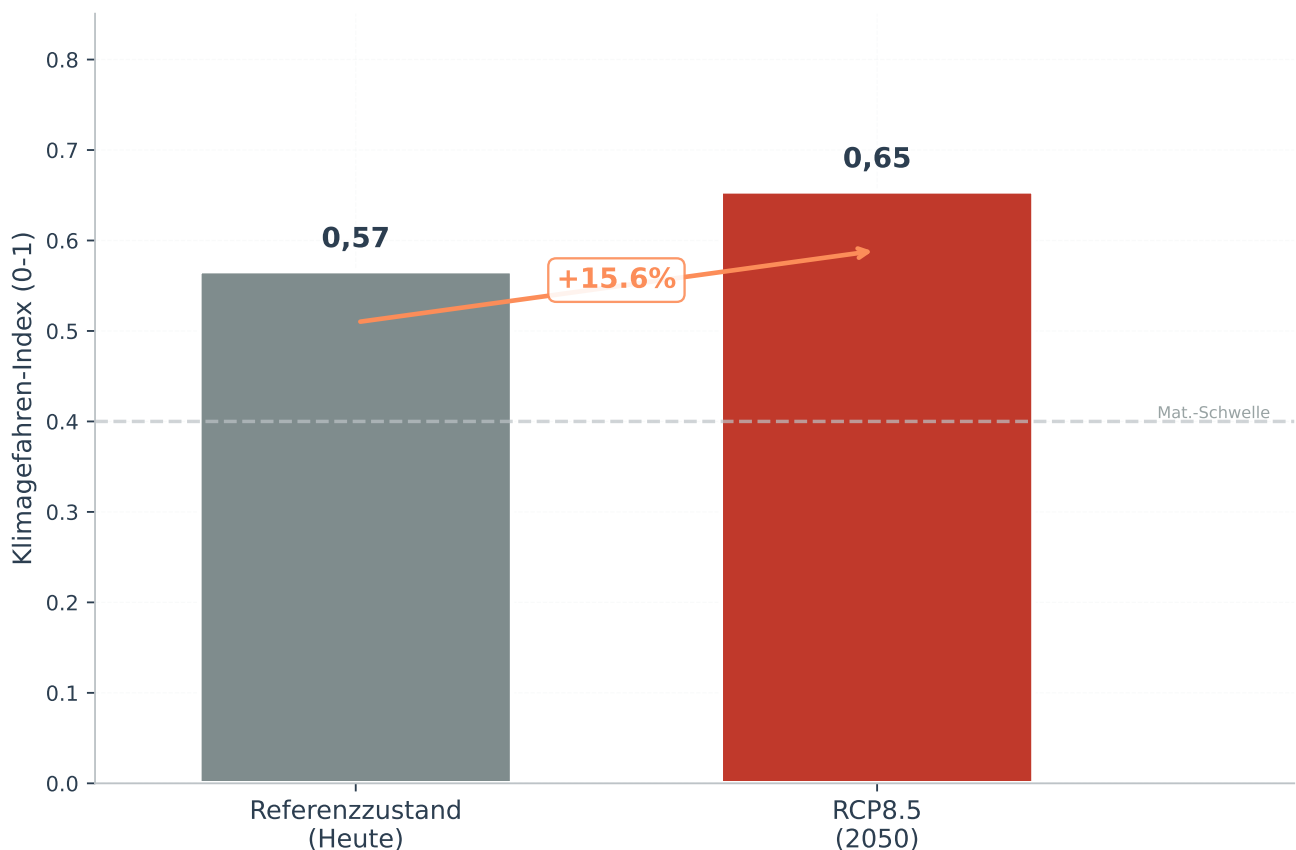


Abbildung 4: Baseline vs. Projektion Grundwasserneubildung

Abbildung 4: Vergleich der aktuellen Exposition (Referenzzustand) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 für Grundwasserneubildung.

Implikationen: Die abnehmende Grundwasserneubildung kann langfristig die Wasserversorgung beeinträchtigen. Entsiegelungsmaßnahmen und dezentrale Regenwasserver-

sickerung können dem entgegenwirken.

4.4 Dürre-Vulnerabilität

Aktuelle Exposition:

- Expositionswert: 0,50 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel

Die Dürre-Vulnerabilität kombiniert terrain-basierte Faktoren (Hangneigung, TWI, topographische Position) mit dem klimatischen SPEI-Index (Standardized Precipitation Evapotranspiration Index). Die flache Topographie und der moderate TWI des Standorts bieten eine gewisse Wasserspeicherkapazität, die die Dürregefährdung teilweise puffert.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Der Dürre-Vulnerabilitäts-Index steigt von 0,45 (Referenzzustand) auf 0,50 (RCP 8.5, 2050). Dieser moderate Anstieg wird durch den `heat_days_factor` (2,59 für RCP 8.5/2050) getrieben — mehr Hitzetage erhöhen die Evapotranspiration und intensivieren sommerliche Trockenperioden. Die SPEI-basierte Skalierung verhindert eine unrealistische Sättigung und erhält die räumliche Differenzierung.

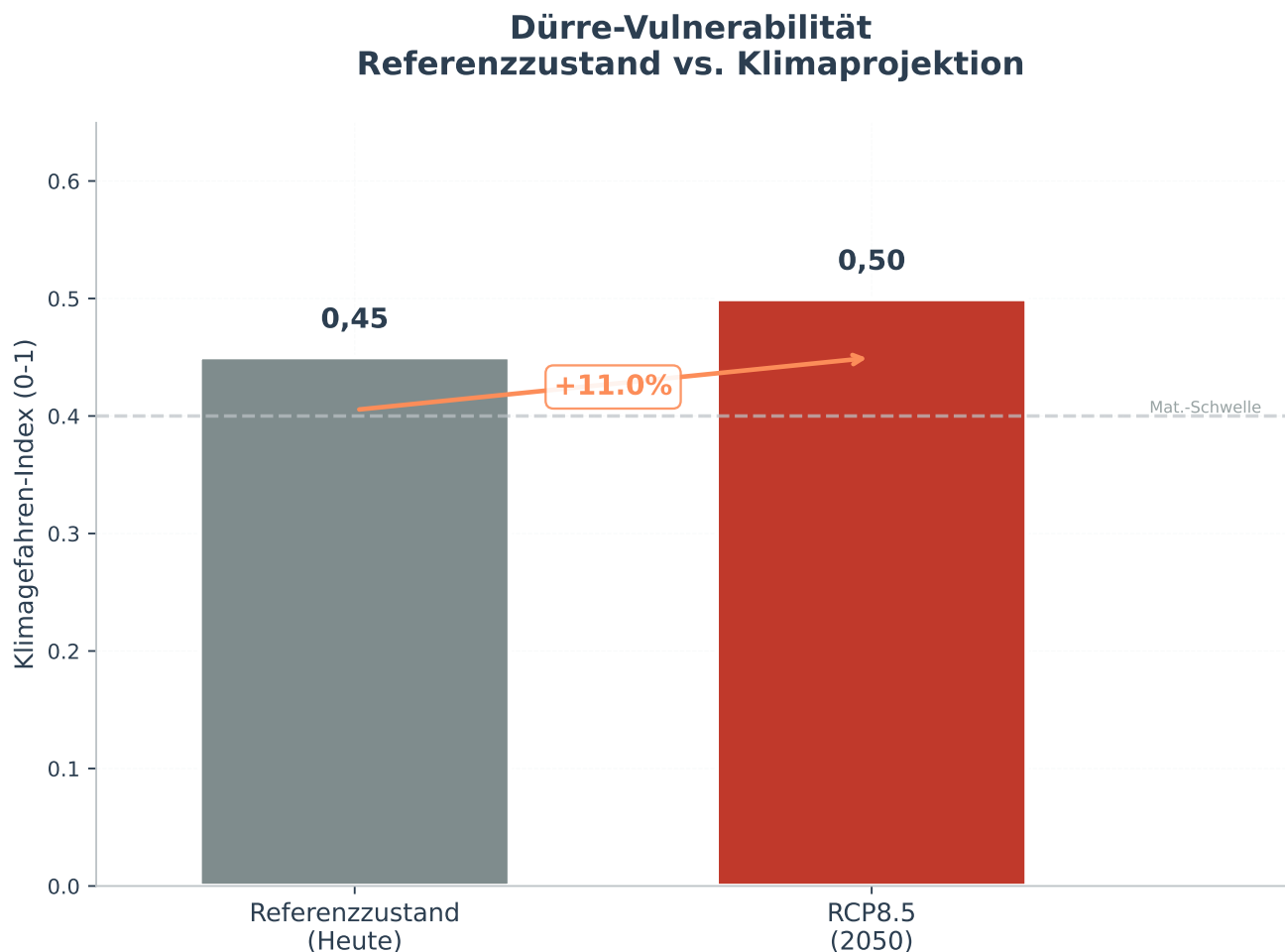


Abbildung 5: Baseline vs. Projektion Dürre

Abbildung 5: Vergleich der aktuellen Exposition (Referenzzustand) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 für Dürre-Vulnerabilität.

Implikationen: Die zunehmende Dürregefährdung betrifft insbesondere die umgebenen Ackerflächen (42,4 % des Umfelds) und kann indirekt die Wasserversorgung und das Mikroklima am Standort beeinflussen.

4.5 Windexposition

Aktuelle Exposition:

- Expositionswert: 0,47 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel

Die Windexposition ist ein rein topographisch bedingter Index und wird nicht klimaskaliert, da belastbare Windprojektionen in EURO-CORDEX fehlen. Der Wert von 0,47 reflektiert eine moderate Exposition: Der Standort liegt weder auf einer exponierten Kuppe noch in einer geschützten Tallage. Der TPI-Wert von $-1,39$ deutet auf eine leicht vertiefte Position hin, die einen gewissen natürlichen Windschutz bietet.

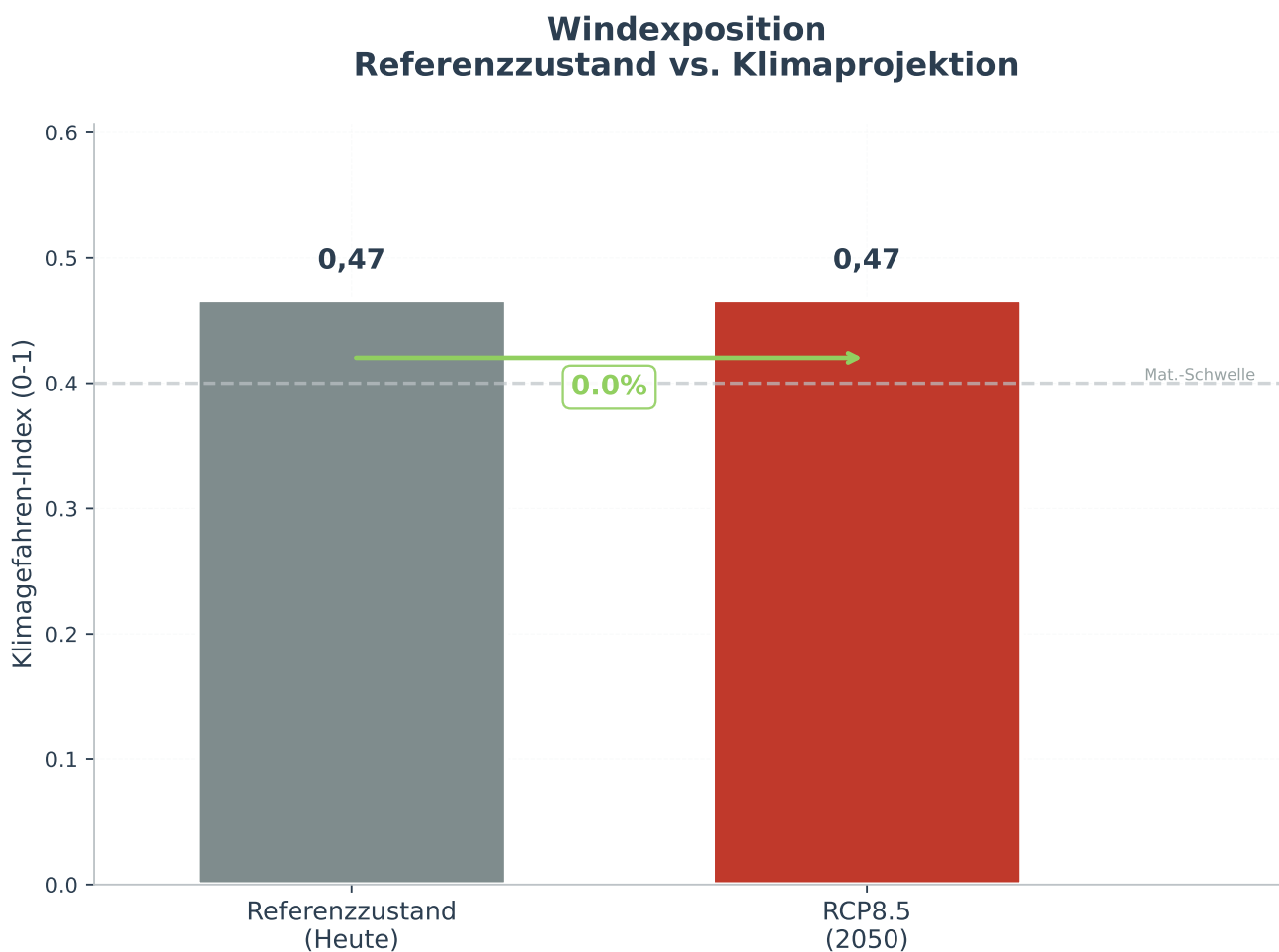


Abbildung 6: Baseline vs. Projektion Windexposition

Abbildung 6: Windexposition als statischer, topographisch bedingter Index ohne Kli-

maskalierung.

Implikationen: Die moderate Windexposition erfordert keine unmittelbaren Schutzmaßnahmen, sollte jedoch bei Dachsanierungen und der Sicherung von Außenanlagen berücksichtigt werden.

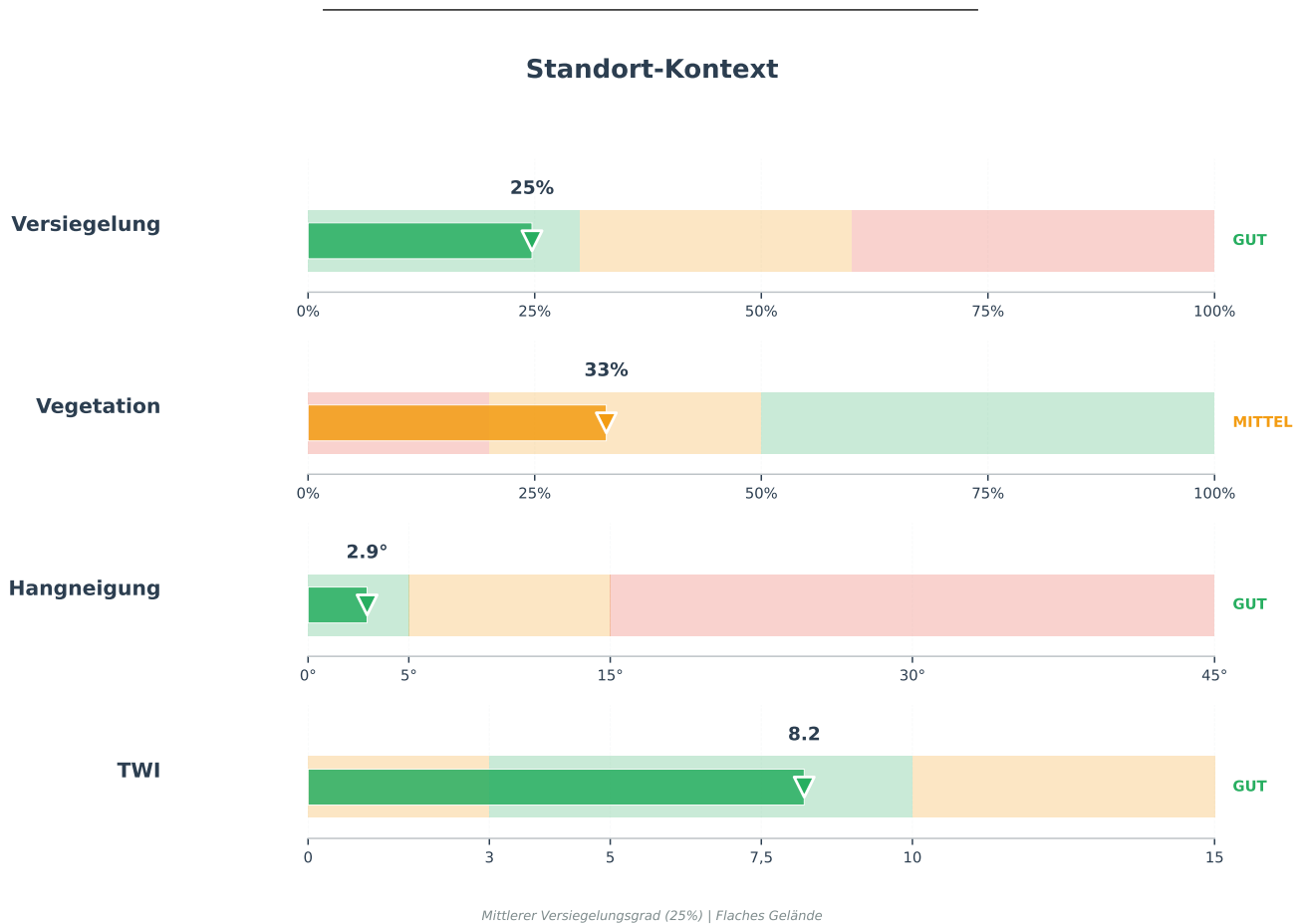


Abbildung 7: Standortkontext

Abbildung 7: Standortkontext-Analyse mit Versiegelung, Vegetation, Neigung und Topographischem Feuchteindex (TWI).

Die Kontextanalyse zeigt einen Standort mit mittlerem Versiegelungsgrad und überwiegend landwirtschaftlicher Prägung. Die erhöhte Bodenfeuchte stellt den einzigen identifizierten Kontextrisikofaktor dar.

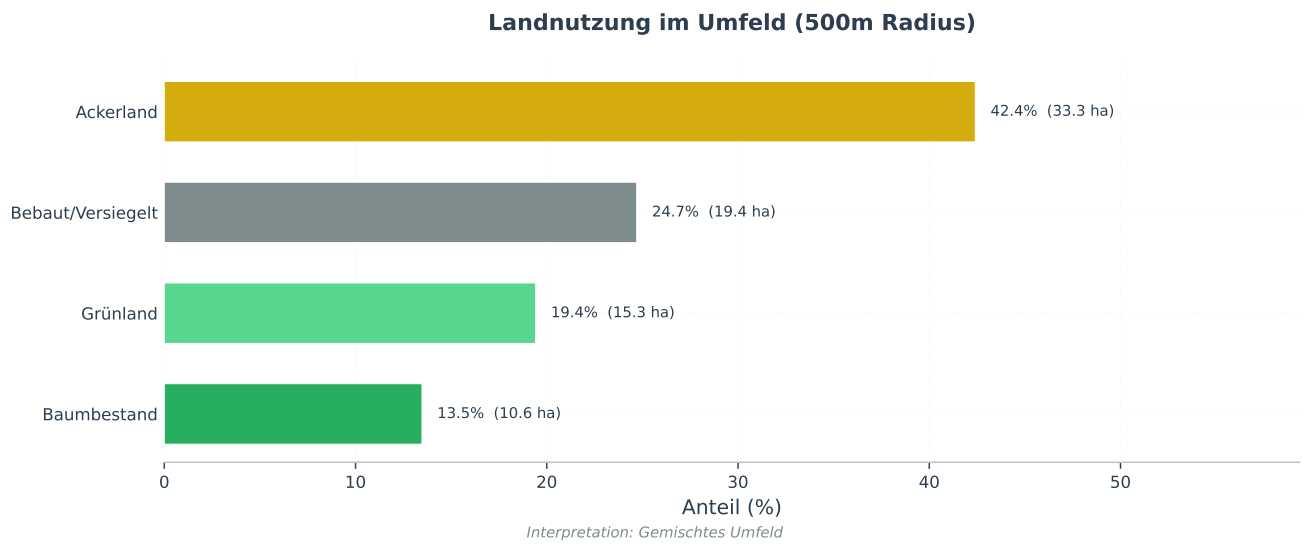


Abbildung 8: Landbedeckung

Abbildung 8: Landbedeckungsverteilung im 500-m-Umfeld des analysierten Standorts.

Klimagefahren-Entwicklung unter Klimaszenarien

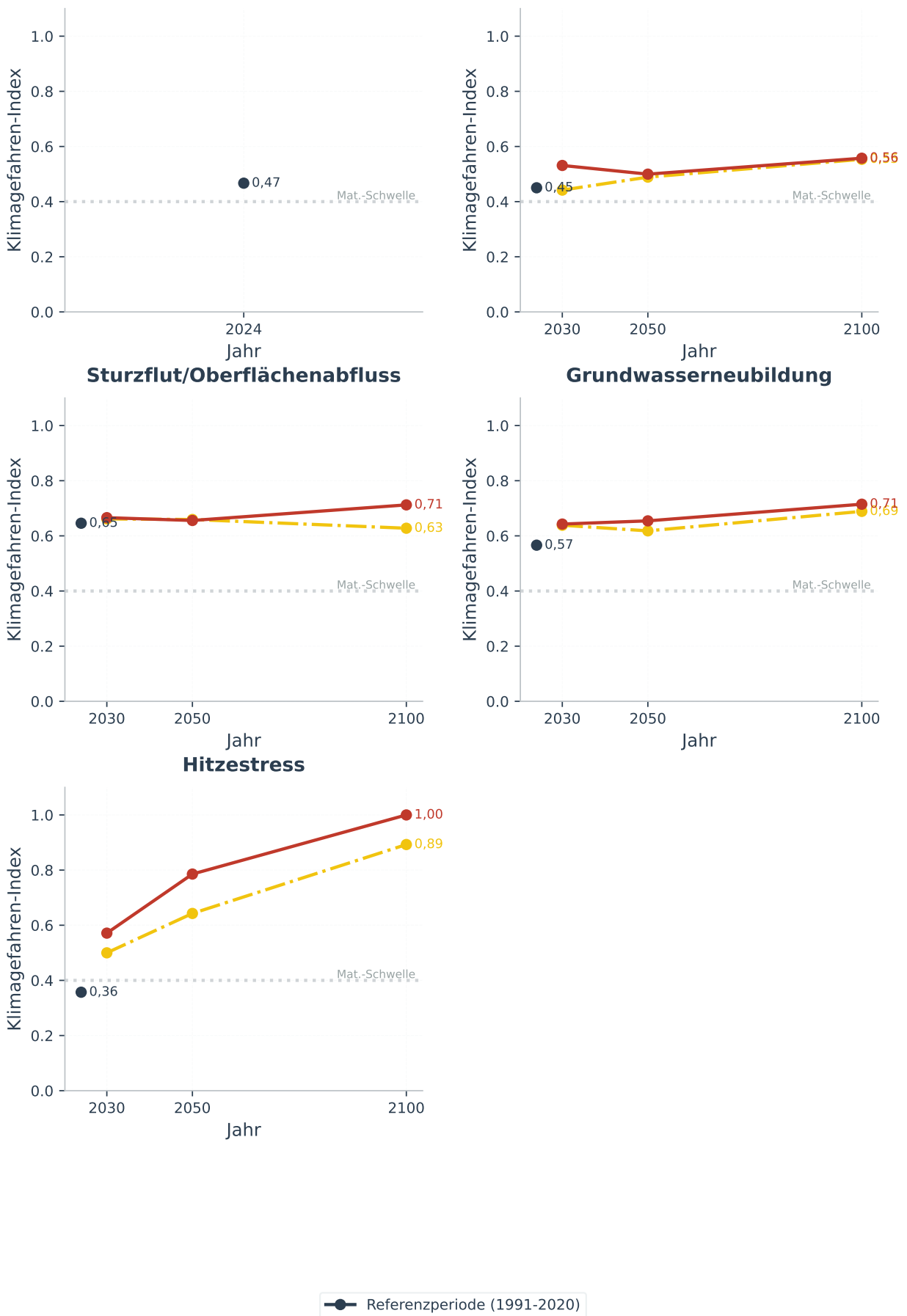


Abbildung 9: Klimaszenarien

Abbildung 9: Entwicklung der Klimagefahren-Expositionen unter verschiedenen Klimaszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) bis 2100.

Die Szenariovergleiche verdeutlichen, dass insbesondere beim Hitzestress die Unterschiede zwischen den Szenarien ab 2050 stark divergieren, während Sturzflut und Windexposition geringere szenarioabhängige Variabilität aufweisen.

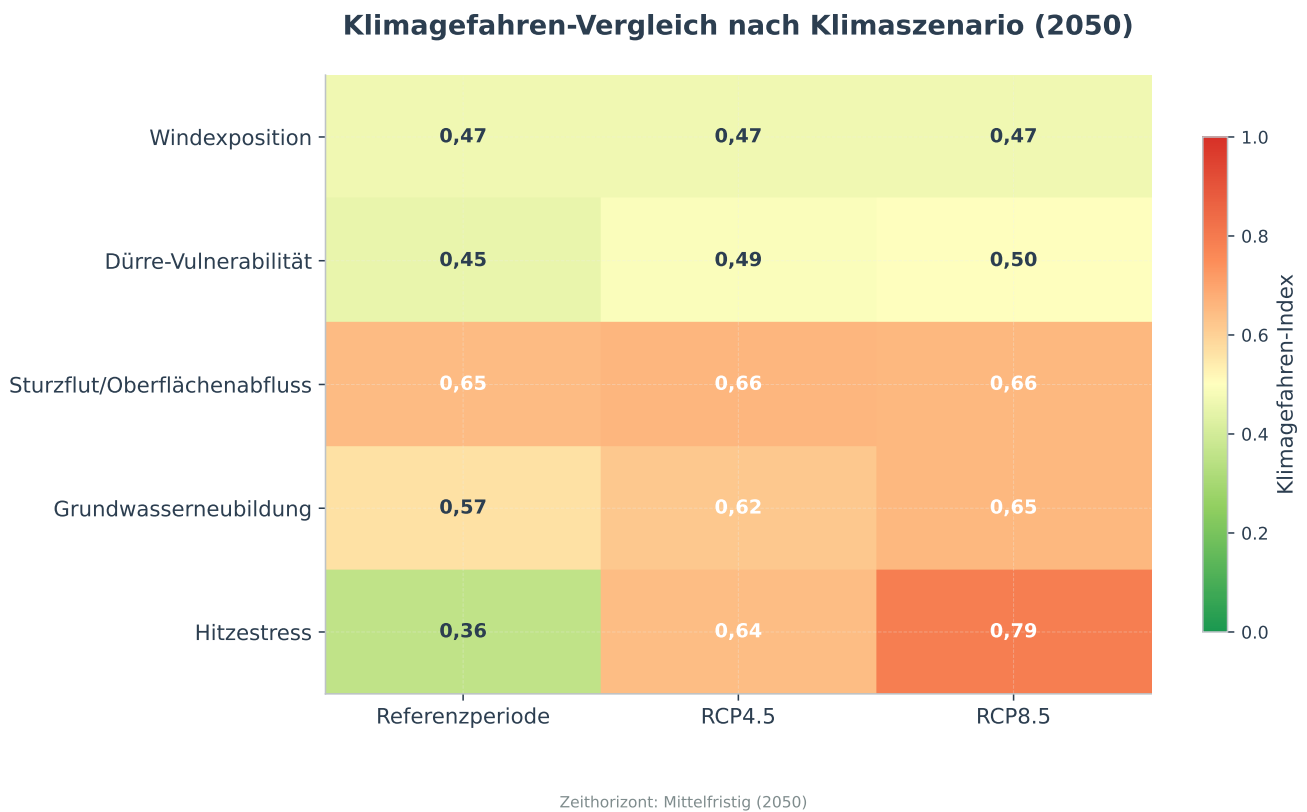


Abbildung 10: Szenario-Heatmap

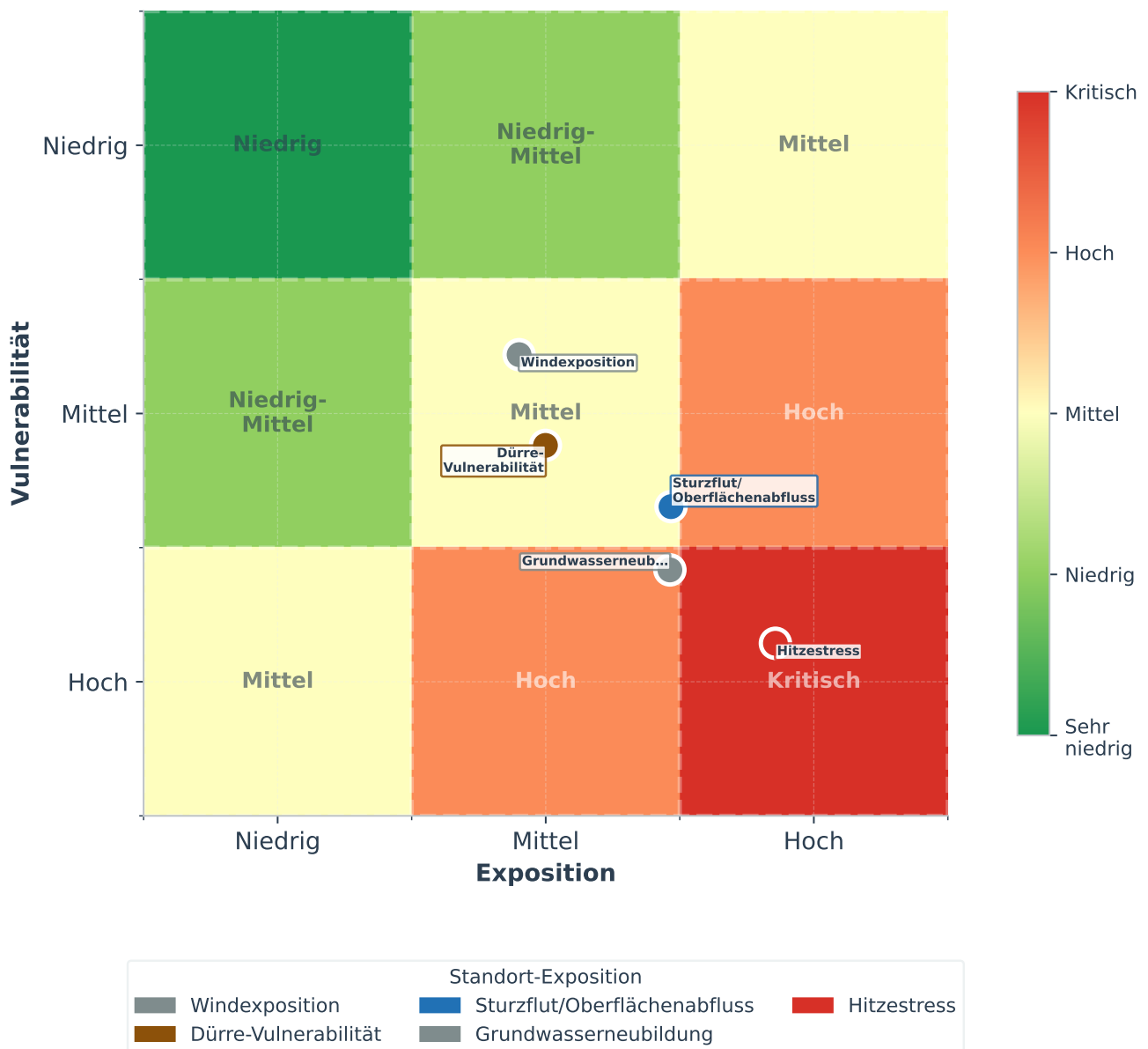
Abbildung 10: Heatmap der Klimagefahren-Expositionen für alle Szenarien und Zeithorizonte. Dunklere Farben kennzeichnen höhere Exposition.

5. Risikobewertung

5.1 Risikomatrix (IPCC AR6 Framework)

Die Risikobewertung folgt dem IPCC AR6 Framework, in dem Risiko als Produkt aus Gefährdung (Hazard), Exposition und Vulnerabilität definiert wird. Die im Report verwendeten Expositionswerte entsprechen technisch den Hazard-Indizes, da alle Assets per Definition vollständig exponiert sind (Exposition = 100 %).

Risikomatrix (IPCC AR6)



$$\text{Risiko} = \text{Gefährdung} \times \text{Exposition} \times \text{Vulnerabilität}$$

Abbildung 11: Risikomatrix

Abbildung 11: IPCC AR6 Risikomatrix. Risiko ergibt sich aus der Kombination von Exposition und Vulnerabilität.

Die Risikomatrix positioniert Hitzestress im hohen Risikobereich, während die übrigen materiellen Gefährdungen im mittleren Bereich liegen. Nicht-materielle Gefährdungen befinden sich im niedrigen Risikobereich.

5.2 Standort-Risikoprofil

- Gesamtrisiko-Kategorie: **Mittel** — Der Durchschnitt der materiellen Hazard-Expositionen liegt im mittleren Bereich, wobei eine einzelne Gefährdung (Hitzestress)

die hohe Schwelle überschreitet

- Anteil Hochrisiko-Gefährdungen: 8,3 % (1 von 12)
- Anzahl materieller Gefährdungen: 5 von 12
- EU-Taxonomie Abdeckung: 12 von 33 Klimagefahren analysiert, 7 begründet ausgeschlossen

Portfolio-Risikoübersicht

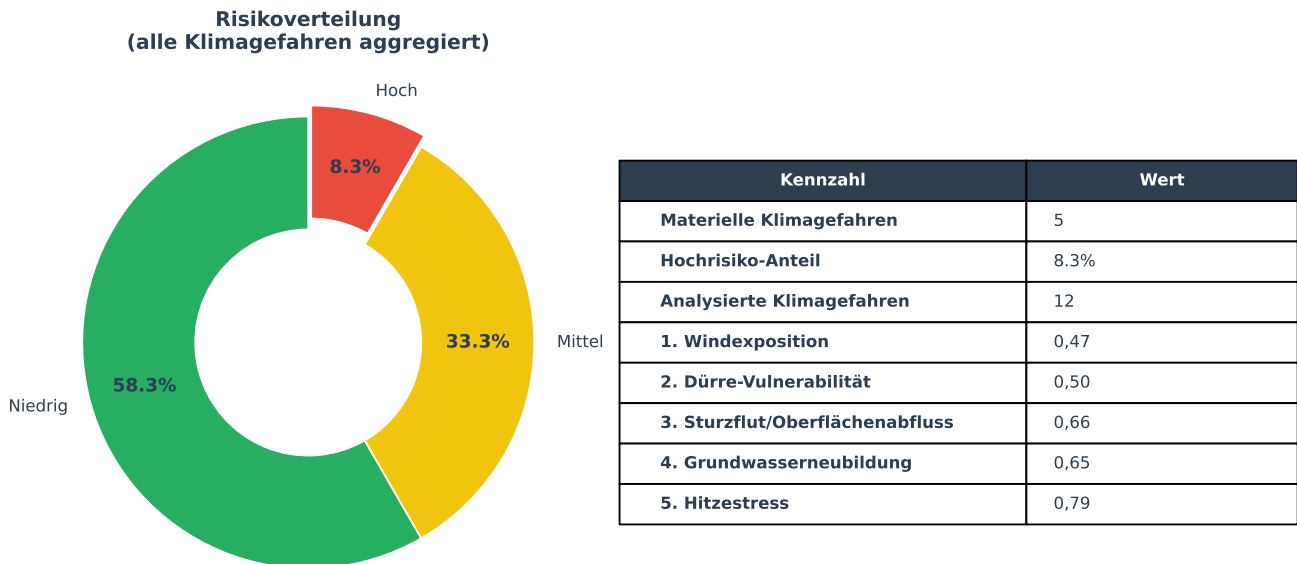


Abbildung 12: Portfolio-Risikoübersicht

Abbildung 12: Risikoübersicht mit aggregierter Risikoverteilung und Zusammenfassung der Analyseergebnisse.

5.3 Zeitliche Entwicklung der Klimarisiken

Die zeitliche Entwicklung verdeutlicht die zunehmende Belastung durch den Klimawandel, insbesondere für hitzebedingte Gefährdungen:

- **Referenzzustand (2024):** Hitzestress ist die einzige Gefährdung mit deutlichem Steigerungspotenzial
- **2030:** Erste spürbare Zunahme bei Hitzestress und Grundwasserneubildung
- **2050:** Hitzestress überschreitet die Hochrisiko-Schwelle; Grundwasserneubildung steigt merklich
- **2100:** Unter RCP 8.5 erreicht Hitzestress den Maximalwert; alle materiellen Gefährdungen verschärfen sich

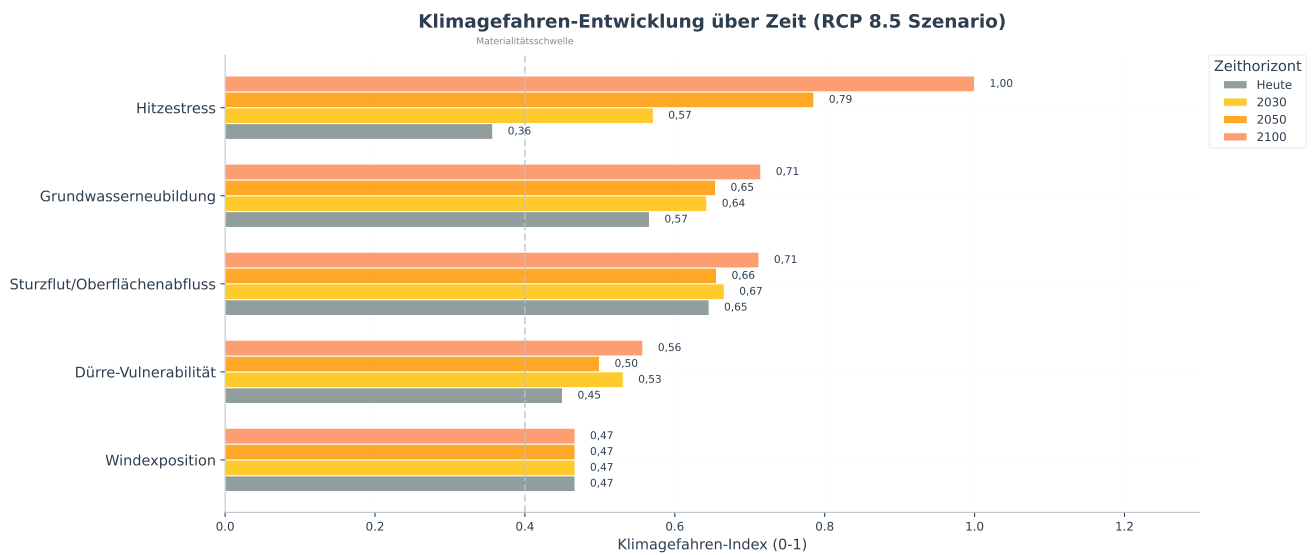


Abbildung 13: Zeitliche Entwicklung

Abbildung 13: Entwicklung aller materiellen Klimagefahren von heute bis 2100 unter dem RCP 8.5 Szenario. Die zeitliche Progression zeigt die zunehmende Belastung durch den Klimawandel.

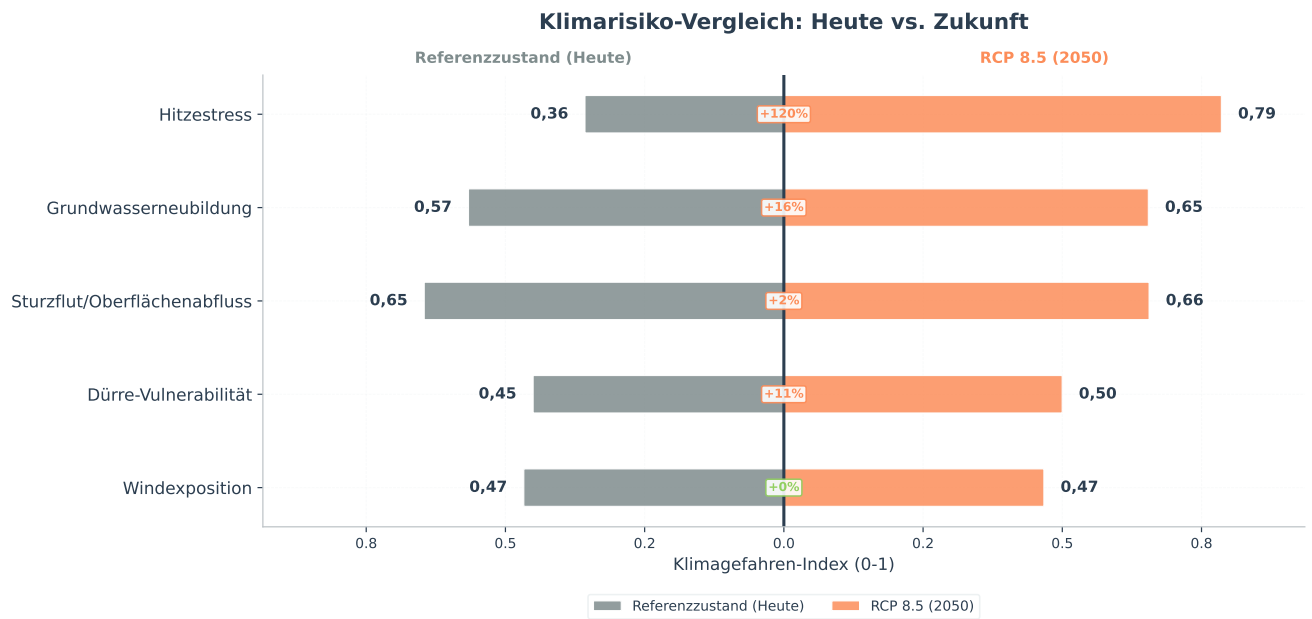


Abbildung 14: Baseline vs. Zukunft

Abbildung 14: Direktvergleich der heutigen Exposition (links) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 (rechts). Die Prozentwerte zeigen die erwartete Veränderung.

6. Anpassungsmaßnahmen

Die EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139) fordert physische und nicht-physische Anpassungslösungen. Umsetzungsfrist für bestehende Anlagen: 5 Jahre.

6.1 Kurzfristige Maßnahmen (0-2 Jahre)

Nicht-physische Maßnahmen (Quelle: DAS 2024, UBA 2022):

- Hitzeaktionspläne — Dokumentierte Verhaltensregeln bei Hitze, angepasste Arbeitszeiten und Pausenregelungen, besondere Betreuung vulnerabler Gruppen (DAS 2024, HF Gesundheit; KAnG §12)
- Arbeitsschutzmaßnahmen — Angepasste Arbeitszeiten und Pausenregelungen bei Hitzewarnung (DAS 2024, Aktionsfeld Arbeitsschutz)
- Notfallpläne — Dokumentierte Evakuierungs- und Schutzmaßnahmen für Starkregen- und Hochwasserereignisse aktualisieren (DAS 2024, HF Bevölkerungsschutz)
- Frühwarnsysteme — Integration von DWD-Warnungen und NINA-App in die betrieblichen Abläufe, einschließlich Sturmwarnungen (DAS 2024, Aktionsfeld Eigenvorsorge)
- Elementarschadenversicherung — Absicherung gegen Starkregen, Überschwemmung, Sturm und Dürrefolgen prüfen (DAS 2024; Elementarschadenpflicht 2026)
- Temperaturüberwachung — Monitoring in kritischen Bereichen des Gebäudes installieren (UBA 2022, Abschnitt 4.4)
- Wassernotfallpläne — Priorisierung der Wasserversorgung bei Dürreperioden und Grundwasserknappheit (DAS 2024, Cluster Wasser)
- Grundwasser-Monitoring — Überwachung von Grundwasserständen und Bodenfeuchte im Umfeld (DAS 2024, HF Boden)

Physische Maßnahmen:

- Sonnenschutz — Jalousien, Markisen und Außenbeschattung an süd- und westexponierten Fassaden (DAS 2024, HF Gebäude)
- Nachtlüftung — Passive Kühlung durch gezielte Nachtauskühlung in den Sommermonaten (DAS 2024, HF Gebäude)
- Rückstauklappen — Verhinderung von Rückstau aus dem Kanalnetz bei Starkregenereignissen (DAS 2024, Cluster Infrastruktur)
- Wassersensoren — Frühwarnung bei Wassereintritt in Keller- und Untergeschossbereiche (DAS 2024, Aktionsfeld Eigenvorsorge)
- Dachbefestigung — Verstärkte Verankerung und Sturmklammern an exponierten Dachflächen (DAS 2024, HF Gebäude)
- Fassadensicherung — Befestigung loser Elemente und Überprüfung von Verkleidungen (DAS 2024, HF Gebäude)

6.2 Mittelfristige Maßnahmen (2-5 Jahre)

Bei Hitzestress:

- Dach- und Fassadenbegrünung — Reduktion des Wärmeeintrags durch Verdunstungskühlung, gleichzeitig Verbesserung der Regenwasserretention (DAS 2024, HF

Stadtentwicklung)

- Helle Oberflächen — Dach- und Fassadenfarben mit hohem Albedo zur Reduktion der Wärmeabsorption (UBA 2022, Tabelle A.1)
- Klimaanlage — Aktive Kühlung in kritischen Aufenthaltsbereichen, vorzugsweise mit erneuerbarer Energie (DAS 2024, HF Gesundheit)
- Baumpflanzungen — Stadtbäume zur Beschattung von Außenbereichen und Stellplätzen (DAS 2024, HF Stadtentwicklung)
- Kühle Räume — Einrichtung klimatisierter Aufenthaltsbereiche für vulnerable Gruppen (KAnG §12)

Bei Sturzflut/Oberflächenabfluss:

- Retentionsflächen — Versickerungsmulden und Rigolen zur dezentralen Regenwasserrückhaltung (DAS 2024, Cluster Wasser)
- Entsiegelung — Reduktion versiegelter Flächen, Einsatz wasserdurchlässiger Beläge (DAS 2024, HF Boden)
- Entwässerungssystem — Wartung und Dimensionierung auf Starkregenereignisse (DAS 2024, HF Stadt- und Siedlungsentwicklung)
- Erhöhte technische Anlagen — Verlagerung kritischer Technik über Hochwasserniveau (UBA 2022, Tabelle A.1)
- Objektschutz — Mobile Hochwasserschutzsysteme und Dammbalkensysteme für Türöffnungen (DAS 2024, HF Gebäude)

Bei Dürre/Grundwasser:

- Regenwassernutzung — Zisternen und Brauchwassersysteme für Gartenbewässerung und Sanitärbereiche (DAS 2024, HF Gebäude)
- Wassersparende Technologien — Effiziente Armaturen und Kreislaufführung (DAS 2024, Cluster Wasser)
- Grauwasserrecycling — Wiederverwendung von Brauchwasser zur Reduktion des Frischwasserverbrauchs (DAS 2024, Cluster Wasser)

Bei Windexposition:

- Windschutzbepflanzung — Hecken und Windschutzstreifen an exponierten Gebäude-seiten (DAS 2024, HF Landwirtschaft)
- Baumkontrolle — Regelmäßige Überprüfung und Totholzentfernung im Umfeld (DAS 2024, HF Wald und Forstwirtschaft)

6.3 Langfristige Maßnahmen (5+ Jahre)

- Klimaresilienz in Sanierungsplanung — Integration von Hitzeschutz, Starkregenschutz und Wassereffizienz in langfristige Gebäudesanierung
- Trockenheitsresistente Bepflanzung — Angepasste Grünflächengestaltung mit standortgerechten Arten
- Wassersensitive Standortentwicklung — Kombinierte Retention, Versickerung und Speicherung im Quartier

Die empfohlenen Maßnahmen basieren auf:

- EU-Taxonomie Delegierte VO 2021/2139, Anhang I, Anlage A
- UBA (2022): Durchführung einer robusten CRVA nach EU-Taxonomie
- Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2024 (DAS 2024)

6.4 Rechtliche Einordnung

Die empfohlenen Anpassungsmaßnahmen sind **bedingt verpflichtend** gemäß EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139, Anhang I, Abschnitt I, Nr. 1.1.3.2):

Risikolevel	Anforderung	Umsetzungsfrist
Hoch	Anpassungsplan muss erstellt werden	5 Jahre (Bestand) / sofort (Neubau)
Mittel	Anpassungsplan kann erstellt werden	Fallweise Entscheidung
Niedrig	Liste von Lösungen ausreichend	Dokumentation genügt

Warum RCP 8.5 Szenario?

Das verwendete RCP 8.5 Szenario wird nicht aufgrund einer hohen Eintrittswahrscheinlichkeit verwendet, sondern als regulatorisch gefordertes Worst-Case-Szenario nach dem Vorsorgeprinzip (gemäß UBA 2022, S. 21). Die aktuelle wissenschaftliche Einschätzung (IPCC AR6, 2021–2022; Hausfather & Peters 2020) sieht RCP 8.5 als „High-end scenario“, nicht als wahrscheinlichsten Entwicklungspfad. Aktuelle Zusagen (NDCs) führen zu ca. 2,5–3,0 °C Erwärmung bis 2100 — zwischen RCP 4.5 und RCP 8.5.

Die Dimensionierung der Maßnahmen für das Worst-Case-Szenario gewährleistet:

1. Vorsorgeprinzip: Wer für RCP 8.5 vorbereitet ist, ist auch für mildere Szenarien gewappnet
2. Regulatorische Absicherung: Prüfer können nicht beanstanden, dass „zu wenig“ getan wurde
3. Langfristige Werterhaltung: Immobilien haben 30–50 Jahre Lebensdauer

Rechtsfolgen bei Nichterfüllung:

Die EU-Taxonomie ist ein Klassifikationssystem, keine direkte Verbotsnorm. Fehlende Taxonomie-Konformität führt nicht zu Bußgeldern, jedoch zu:

- Verlust des „grünen“ Labels für nachhaltige Investitionen
- Erschwerter Zugang zu nachhaltigem Kapital
- Höhere Finanzierungskosten
- Prüfung durch Wirtschaftsprüfer

Referenzen: Algorithmen-Referenzdokument, Abschnitt 5.6 (RCP 8.5 Einordnung) und Abschnitt 6.5 (Rechtliche Verbindlichkeit); UBA (2022) Factsheet S. 27; Hausfather & Peters (2020) Nature 577

7. Technischer Anhang

7.1 Datenquellen

Quelle	Typ	Zeitraum	Lizenz
Copernicus DEM GLO-30	Geländemodell	aktuell	CC BY 4.0
DWD Beobachtungsdaten	Referenzzustand (Klima/Wetter)	1991-2024	DL-DE/BY
DWD Hazard-Referenz	Gefährdungs-Referenzdaten	aktuell	DL-DE/BY
EURO-CORDEX	Regionale Klimaprojektionen	1971-2100	CC BY 4.0
ESA WorldCover	Landbedeckung	2021	CC BY 4.0
ISRIC SoilGrids	Bodeneigenschaften	aktuell	CC BY 4.0

Klimamodell-Spezifikation Die Klimaprojektionen basieren auf dem EURO-CORDEX Multi-Modell-Ensemble (Jacob et al. 2014) mit regionaler Auflösung von ~12 km (EUR-11 Domäne).

Parameter	Wert
Primäres Modell	MPI-ESM-LR → REMO2015
Räumliche Auflösung	~12 km (EUR-11 Domäne)
Projektionsquelle	EURO-CORDEX Ensemble
Ensemble-Größe	10+ Modellkombinationen
Bias-Korrektur-Status	Angewendet (ISIMIP3b Quantile Mapping gegen DWD HYRAS-DE)

7.2 Methodik-Details

Materialitätsschwellen und Risikoklassen

Risikoklasse	Expositionswert	Bedeutung
Hoch	> 0,70 (strikt größer)	Materielle Klimagefahr, Anpassungsmaßnahmen erforderlich
Mittel	≥ 0,40 bis einschließlich 0,70	Materielle Klimagefahr, Anpassungsmaßnahmen empfohlen
Niedrig	< 0,40	Nicht-materielle Klimagefahr

Referenzperiode

Parameter	Wert	Begründung
Referenzperiode	1991-2020 (30 Jahre)	WMO-Standard für Klimanormale

Parameter	Wert	Begründung
Referenzjahr im Report	2024	Aktuellster verfügbarer Datenpunkt
Datenquelle Referenz	DWD HYRAS-DE / DWD Beobachtungsdaten	Staatliche Referenzdaten

Die 30-jährige Referenzperiode (1991–2020) dient als klimatologischer Referenzzustand. Der „2024-Wert“ repräsentiert den aktuellen Zustand unter Berücksichtigung der historischen Variabilität.

Gesamtrisiko-Berechnung Das Gesamtrisiko wird aus den individuellen Hazard-Expositionswerten aggregiert:

1. Materieller Klimagefahren-Durchschnitt:

$$\text{Aggregiertes Risiko} = \text{mean}(\text{Hitzestress, Sturzflut, Grundwasser, Dürre, Wind})$$

2. Klassifizierung:

- Aggregiertes Risiko > 0,70 → Gesamtrisiko: Hoch
- Aggregiertes Risiko ≥ 0,40 bis einschließlich 0,70 → Gesamtrisiko: Mittel
- Aggregiertes Risiko < 0,40 → Gesamtrisiko: Niedrig

3. Berechnung (dieser Report):

Materielle Hazards: Hitzestress (0,79), Sturzflut (0,66), Grundwasser (0,65), Dürre (0,50), Wind (0,47) Aggregiert: $\text{mean}(0,79; 0,66; 0,65; 0,50; 0,47) = 0,61$ → Gesamtrisiko: Mittel

Bei einem einzelnen Hochrisiko-Hazard (> 0,70) wird das Gesamtrisiko mindestens als „Mittel“ eingestuft, auch wenn der Durchschnitt niedriger wäre.

Berechnungsdetails pro Hazard

Parameter	Wert	Einheit	Verwendung
Mittlere Hangneigung	5,47	Grad	Sturzflut, Erosion
TWI (Topographic Wetness Index)	7,60	—	Dürre, Sturzflut
HAND (Height Above Nearest Drainage)	14,82	m	Sturzflut, Flusshochwasser
Versiegelungsgrad	24,7	%	Sturzflut
TPI (Topographic Position Index)	−1,39	—	Windexposition, Frost
TRI (Terrain Ruggedness Index)	10,04	m	Geländecharakterisierung

Diese Werte wurden aus den Eingangsdaten (DEM, Landcover, SoilGrids) abgeleitet und fließen in die Hazard-Index-Berechnungen ein.

Regulatorische Konformitätsübersicht

Regulierung	Anforderung	Status
EU-Taxonomie (VO 2021/2139)	CRVA mit RCP 8.5, Zeithorizont \geq 2050	✓ Erfüllt
EBA/GL/2025/02	Mind. 2 Szenarien (RCP 4.5 + RCP 8.5)	✓ Erfüllt
CSRD	Klimarisikobewertung mit Anpassungsmaßnahmen	✓ Erfüllt
MaRisk	Mittelfristige Risikobetrachtung	✓ Erfüllt

7.3 Unsicherheiten und Limitationen

Die vorliegende Analyse unterliegt folgenden Unsicherheiten:

Klimamodell-Unsicherheiten: Das RCP 8.5 Szenario stellt eine normative Projektion dar, die den Worst-Case widerspiegelt. Nach aktuellem wissenschaftlichem Konsens (IPCC AR6; Hausfather & Peters 2020) ist RCP 8.5 als alleiniger Entwicklungspfad unwahrscheinlich. Aktuelle NDCs (Nationally Determined Contributions) führen zu einer Erwärmung von ca. 2,5–3,0 °C bis 2100, was zwischen RCP 4.5 und RCP 8.5 liegt. Die Verwendung des RCP 8.5 Szenarios erfolgt bewusst nach dem Vorsorgeprinzip, um ein potenzielles Worst-Case-Szenario abzuschätzen und regulatorische Anforderungen zu erfüllen. Kurzfristig (bis 2050) sind die Unterschiede zwischen den Szenarien geringer als die Ensemble-Bandbreite der Klimamodelle.

Räumliche Auflösung: Die Klimaprojektionen basieren auf EURO-CORDEX mit ~12 km Auflösung. Lokale Effekte (urbane Wärmeinseln, Kaltluftbahnen, mikroklimatische Besonderheiten) können nur näherungsweise erfasst werden. Die Terrain-Analyse mit 30 m Auflösung bietet eine deutlich höhere räumliche Differenzierung.

Fehlende Kaskadeneffekte: Die Analyse betrachtet Klimagefahren einzeln. Wechselwirkungen zwischen Gefährdungen (z. B. Dürre gefolgt von Starkregen auf ausgetrockneten Böden, oder Hitze gefolgt von Waldbrand) werden nicht explizit modelliert, können aber die tatsächlichen Risiken verstärken.

Einzelmodell-Limitation: Die Skalierungsfaktoren basieren auf einem einzelnen Klimamodell-Lauf (MPI-ESM-LR). Natürliche Klimavariabilität kann zu nicht-monotonen Mustern innerhalb eines Szenarios führen.

7.4 Referenzen

1. EU (2021). Delegierte Verordnung (EU) 2021/2139 der Kommission zur Ergänzung der Verordnung (EU) 2020/852. Amtsblatt der Europäischen Union.
2. UBA (2022). Factsheet: Durchführung einer robusten Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse nach EU-Taxonomie. Umweltbundesamt, Dessau-Roßlau.
3. IPCC (2021). Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report. Cambridge University Press.

4. EBA (2025). EBA/GL/2025/02: Guidelines on ESG Scenario Analysis. European Banking Authority.
5. UBA (2021). Klimawirkungs- und Risikoanalyse 2021 für Deutschland (KWRA). CLIMATE CHANGE 26/2021. Dessau-Roßlau.
6. Jacob, D. et al. (2014). EURO-CORDEX: new high-resolution climate change projections for European impact research. *Regional Environmental Change*, 14(2), 563–578.
7. Hausfather, Z. & Peters, G.P. (2020). Emissions — the ‘business as usual’ story is misleading. *Nature*, 577, 618–620.
8. BMUV (2024). Deutsche Anpassungsstrategie an den Klimawandel 2024 (DAS 2024). Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, nukleare Sicherheit und Verbraucherschutz.
9. Vicente-Serrano, S.M. et al. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718.
10. Nobre, A.D. et al. (2011). Height Above the Nearest Drainage — a hydrologically relevant new terrain model. *Journal of Hydrology*, 404(1-2), 13–29.

7.5 Audit-Trail und Nachvollziehbarkeit

Objekt-Lebensdauer

Parameter	Wert	Begründung
Gebäudetyp	Gewerbeimmobilie	Gemäß Standortanalyse
Erwartete Restlebensdauer	30–50 Jahre	Typisch für Gebäudetyp
Zeithorizont-Rechtfertigung	2050 (= 24 Jahre)	Innerhalb Lebensdauer

Die Wahl des Zeithorizonts 2050 ist durch die erwartete Lebensdauer des Untersuchungsobjekts gerechtfertigt.

Daten-Provenienz

Datentyp	Quelle	Abrufdatum	Methode
DEM	Copernicus GLO-30	Februar 2026	Planetary Computer API
Landcover	ESA WorldCover	Februar 2026	Planetary Computer API
Klimaprojektionen	EURO-CORDEX	Februar 2026	ClimateDataApi (lokaler Cache)
Referenz-Klima	DWD	Februar 2026	DWD Open Data / HYRAS-DE
Bodendaten	ISRIC SoilGrids	Februar 2026	SoilGridsApi

Verarbeitungsschritte:

1. Geodaten-Download über geo-api Bibliothek

-
2. Hazard-Index-Berechnung gemäß Algorithmen-Referenzdokument
 3. Klimaskalierung mit EURO-CORDEX-Faktoren
 4. Report-Generierung

Terminologie-Klarstellung (IPCC AR6)

Begriff im Report	IPCC AR6 Definition	Anmerkung
Exposition	Räumliche Betroffenheit des Assets	Alle Assets = 100 % exponiert
Gefährdung (Hazard)	Klimabezogenes Ereignis oder Trend	Hazard-Index 0-1
Vulnerabilität	Anfälligkeit + Adaptive Kapazität	In Hazard-Formel integriert
Risiko	$\text{Hazard} \times \text{Exposition} \times \text{Vulnerabilität}$	Aggregierter Wert

Die im Report verwendeten „Expositionswerte“ entsprechen technisch den Hazard-Indizes nach IPCC AR6 Terminologie.

Berichtsmetadaten

Parameter	Wert
Report erstellt am	17. Februar 2026
Analyse durchgeführt am	17. Februar 2026
Berichtsversion	1.0
Prüfstatus	Entwurf

Dieser Report wurde gemäß den Anforderungen der EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139), des UBA Factsheets 2022 und der EBA/GL/2025/02 erstellt.