

CRVA Beispielbericht

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

Inhaltsverzeichnis

Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (CRVA)	2
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 Temperaturvariabilität	7
4.3 Sturzflut/Oberflächenabfluss	8
4.4 Grundwasserneubildung	10
4.5 Dürre-Vulnerabilität	11
Standortkontext	12
5. Risikobewertung	14
5.1 Risikomatrix (IPCC AR6 Framework)	14
5.2 Portfolio-Risikoprofil	15
5.3 Zeitliche Entwicklung der Klimarisiken	15
5.4 Klimaszenario-Vergleich	16
6. Anpassungsmaßnahmen	19
6.1 Kurzfristige Maßnahmen (0-2 Jahre)	19
6.2 Mittelfristige Maßnahmen (2-5 Jahre)	20
6.3 Langfristige Maßnahmen (5+ Jahre)	20
6.4 Rechtliche Einordnung	21
7. Technischer Anhang	22
7.1 Datenquellen	22
7.2 Methodik-Details	22
7.3 Unsicherheiten und Limitationen	24
7.4 Referenzen	24
7.5 Audit-Trail und Nachvollziehbarkeit	25

Klimarisiko- und Vulnerabilitätsanalyse (CRVA)

Standort: Anonymisierte Adresse, Frankfurt am Main **Erstellt am:** 17. Februar 2026
Klimaszenario: RCP 8.5 (Worst-Case nach Vorsorgeprinzip) **Zeithorizont:** 2050 **Referenzperiode:** 2024 (Referenzzustand) **Regulatorischer Rahmen:** EU-Taxonomie (VO 2021/2139), EBA/GL/2025/02, CSRD, MaRisk

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) untersucht die physischen Klimarisiken für einen Standort in Frankfurt am Main gemäß den Anforderungen der EU-Taxonomie (Delegierte Verordnung 2021/2139). Die Analyse berücksichtigt 12 Klimagefahren und bewertet deren Exposition unter dem Worst-Case-Szenario RCP 8.5 für den Zeithorizont 2050.

Gesamtrisikobewertung: Hoch

Die Analyse identifiziert **fünf materielle Klimagefahren**, die eine erhöhte Exposition aufweisen und Anpassungsmaßnahmen erfordern:

- **Hitzestress** — Exposition 1,00 (Hoch): Maximale Gefährdung durch extreme Hitze. Der Standort ist als urbaner Bereich mit hohem Versiegelungsgrad (72,5 %) besonders betroffen. Unter RCP 8.5 erreicht die Hitzestress-Exposition bereits ab 2030 den Maximalwert.
- **Temperaturvariabilität** — Exposition 1,00 (Hoch): Die zunehmende Spreizung zwischen extremer Hitze und verbleibenden Frosttagen belastet die Gebäudesubstanz und technische Anlagen erheblich.
- **Sturzflut/Oberflächenabfluss** — Exposition 0,68 (Mittel): Der hohe Versiegelungsgrad im Umfeld und die begrenzte Versickerungskapazität verstärken das Sturzflutrisiko bei Starkregenereignissen.
- **Grundwasserneubildung** — Exposition 0,66 (Mittel): Die hohe Versiegelung und steigende Evapotranspiration verringern die Grundwasserneubildung deutlich.
- **Dürre-Vulnerabilität** — Exposition 0,51 (Mittel): Das zunehmende klimatische Wasserdefizit erhöht die Dürrefährdung, insbesondere im Sommerhalbjahr.

Zwei der fünf materiellen Klimagefahren (Hitzestress, Temperaturvariabilität) weisen die Risikoklasse **Hoch** auf. Gemäß EU-Taxonomie muss für Klimagefahren mit hohem Risiko ein Anpassungsplan erstellt und innerhalb von fünf Jahren umgesetzt werden.

Prioritäre Handlungsempfehlungen:

- Erstellung eines Hitzeaktionsplans mit Sonnenschutzmaßnahmen und Klimatisierung kritischer Bereiche
- Installation von Rückstauklappen und Überprüfung des Entwässerungssystems hinsichtlich der Dimensionierung für Starkregenereignisse
- Verbesserung der Gebäudehülle (Wärmedämmung) zur Reduzierung der Temperaturvariabilitäts-Belastung
- Prüfung einer Elementarschadenversicherung zur finanziellen Absicherung
- Entsiegelungsmaßnahmen im Umfeld zur Verbesserung der Versickerung und Kühlung

2. Methodik

2.1 Untersuchungsgegenstand und Systemgrenzen

Parameter	Wert
Analysierte Assets	1 Standort
Räumlicher Bezug	Deutschland (Hessen, Frankfurt am Main)
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
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 (Exposition: 0,00)
Senkung/Bodensenkung	Chronisch	○	Keine Bergbaugebiete
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)

Klimagefahr	Ausschlussgrund
Wirbelsturm (Zyklon)	Tropische Wirbelstürme erreichen Mitteleuropa nicht
Küstenhochwasser	Standort > 200 km von der Küste entfernt
Meeresspiegelanstieg	Keine Küstenlage
Versalzung	Keine Küstenlage, keine Bewässerungslandwirtschaft
Gletscherseeausbruch	Keine Gletscher in der Region
Lawine	Keine alpinen Bedingungen (Höhenlage < 500 m ü. NN)

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-Baseline	Gefährdungs-Referenzzustand	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 und die Gefährdungs-Referenzwerte. Für Zukunftsprojektionen wird ausschließlich EURO-CORDEX verwendet.

3. Materialitäts-Screening

Das Materialitäts-Screening klassifiziert alle analysierten Klimagefahren nach ihrer Exposition in drei Risikoklassen. Klimagefahren mit mittlerer oder hoher Exposition gelten als **materiell** und erfordern eine vertiefte Analyse.

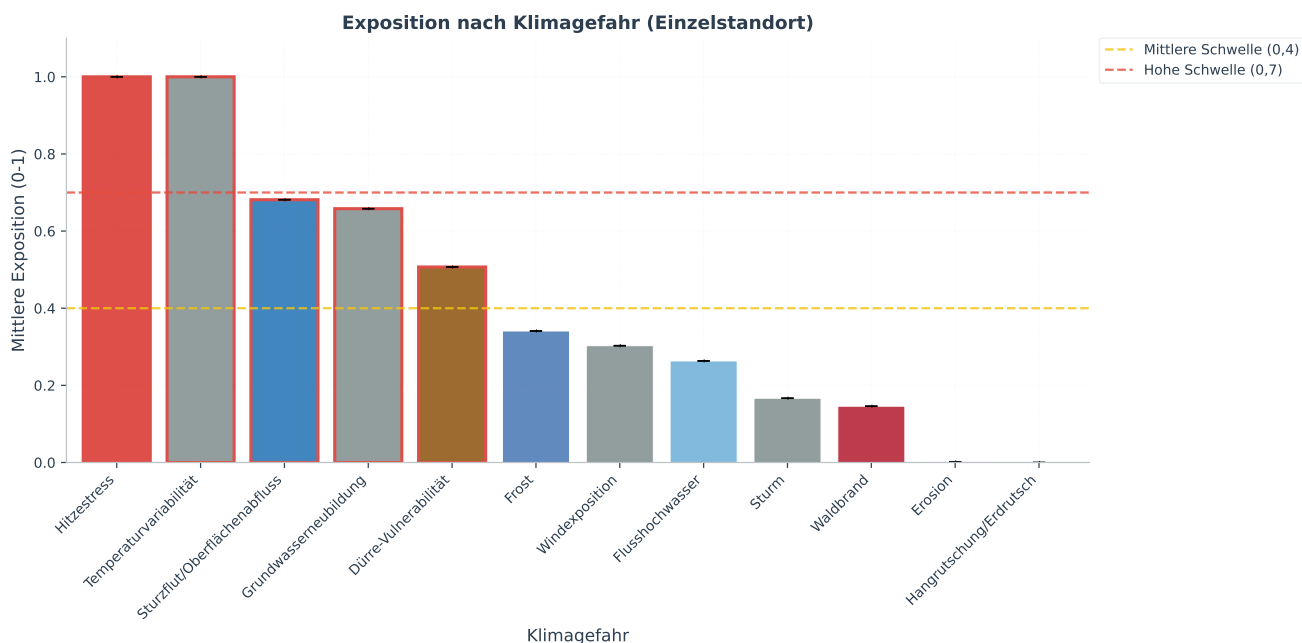


Abbildung 1: Expositionsverteilung nach Klimagefahr

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

Materielle Klimagefahren (Risikoklasse Mittel oder Hoch) Hitzestress — Exposition: 1,00 (Hoch)

Temperaturvariabilität — Exposition: 1,00 (Hoch)

Sturzflut/Oberflächenabfluss — Exposition: 0,68 (Mittel)

Grundwasserneubildung — Exposition: 0,66 (Mittel)

Dürre-Vulnerabilität — Exposition: 0,51 (Mittel)

Nicht-materielle Klimagefahren (Risikoklasse Niedrig) Niedrige Exposition (< 0,40): Frost (0,34), Windexposition (0,30), Flusshochwasser (0,26), Sturm (0,17), Waldbrand (0,15), Erosion (0,00), Hangrutschung (0,00)

4. Detailanalyse materieller Klimagefahren

4.1 Hitzestress

Aktuelle Exposition:

- Expositions Wert: 1,00 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Hoch
- Referenzzustand (2024): 0,63

Der Hitzestress-Index bewertet die Gefährdung durch extreme Hitze basierend auf Höhenlage, Exposition und urbanem Wärmeinseleffekt. Der Standort in Frankfurt am Main weist aufgrund des hohen Versiegelungsgrades (72,5 %) einen ausgeprägten städtischen Wärmeinseleffekt auf. Bereits im Referenzzustand zeigt sich eine erhöhte Hitzebelastung (0,63), die unter RCP 8.5 ab 2030 den Maximalwert von 1,00 erreicht.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Unter dem RCP 8.5-Szenario nimmt die Anzahl heißer Tage (> 30 °C) bis 2050 um den Faktor 2,59 zu (EURO-CORDEX, MPI-ESM-LR). Dies führt zu einer Sättigung des Hitzestress-Index auf den Maximalwert 1,00. Praktisch bedeutet dies deutlich längere und intensivere Hitzeperioden mit mehr Tropennächten (> 20 °C), was die Erholungsfähigkeit von Gebäuden und deren Nutzern erheblich einschränkt.

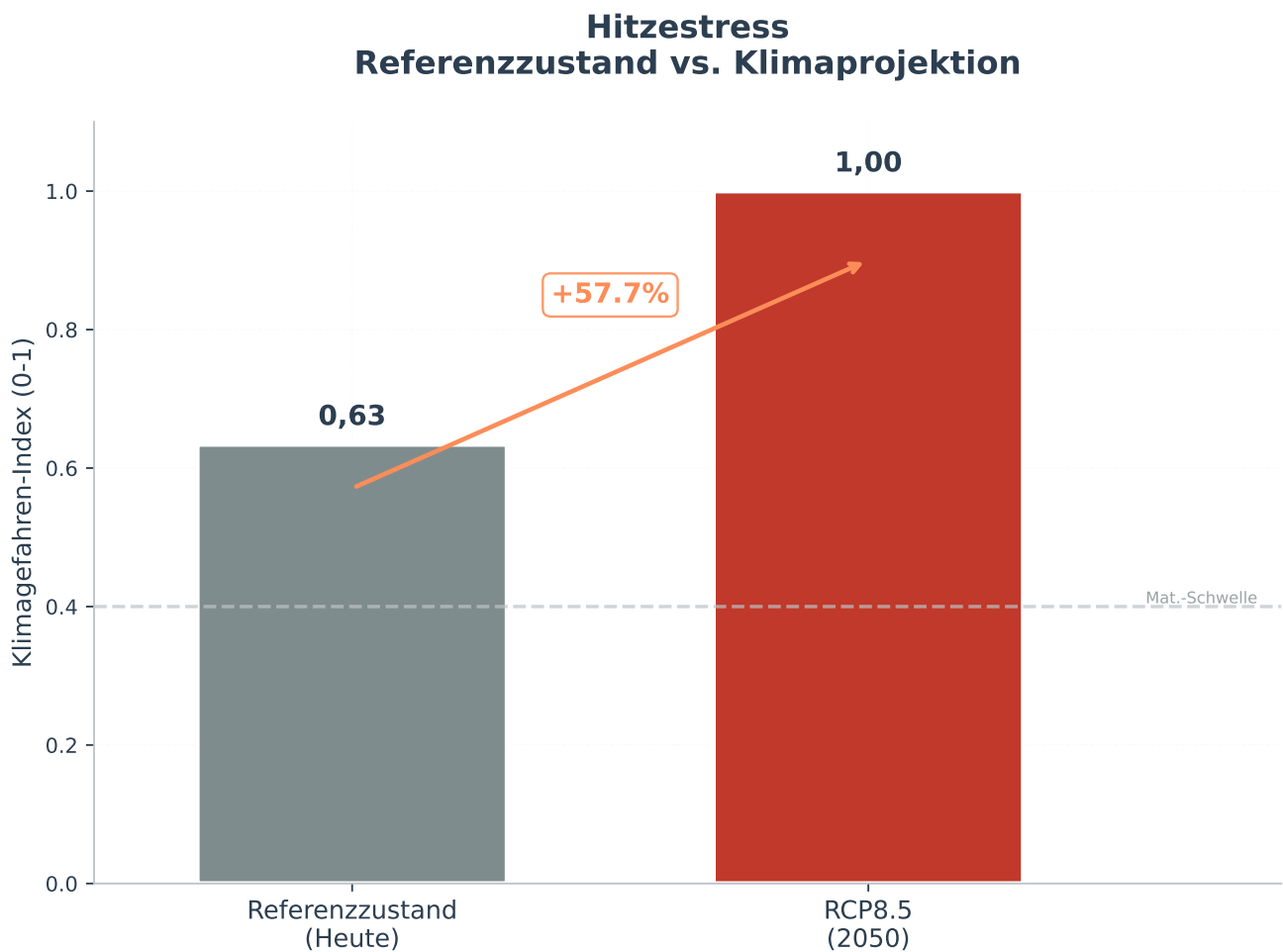


Abbildung 2: Baseline vs. Projektion Hitzestress

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

4.2 Temperaturvariabilität

Aktuelle Exposition:

- Expositionswert: 1,00 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Hoch
- Referenzzustand (2024): 0,68

Die Temperaturvariabilität quantifiziert die Gefährdung durch große Temperaturamplituden – die Kombination aus verbleibenden Frosttagen und zunehmenden Hitzetagen belastet Baumaterialien, technische Anlagen und die Gebäudesubstanz.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Unter RCP 8.5 nimmt die Temperaturvariabilität bis 2050 erheblich zu (Skalierungsfaktor $\sqrt{2,59} \approx 1,61$). Die steigende Zahl heißer Tage bei gleichzeitig noch vorhandenen Frosttagen vergrößert die thermische Beanspruchung. Für die Gebäudesubstanz bedeutet dies erhöhte Frost-Tau-Wechsel und sommerliche Überhitzung.

Temperaturvariabilität Referenzzustand vs. Klimaprojektion

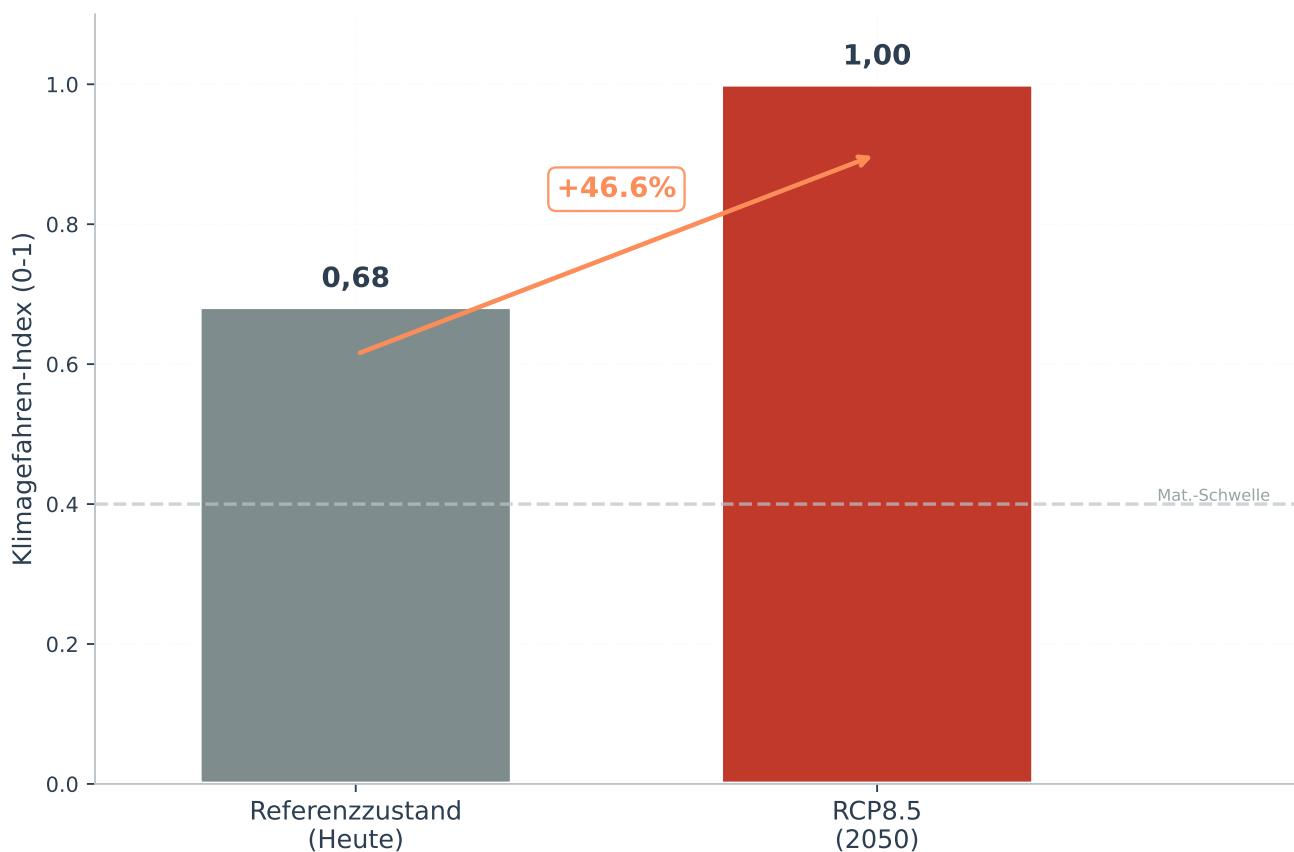


Abbildung 3: Baseline vs. Projektion Temperaturvariabilität

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

4.3 Sturzflut/Oberflächenabfluss

Aktuelle Exposition:

- Expositionswert: 0,68 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel
- Referenzzustand (2024): 0,65

Umgebungsanalyse:

Die Standortumgebung im 500-m-Radius zeigt folgende risikorelevante Faktoren:

- Versiegelungsgrad: 72,5 % durchschnittlich versiegelte Fläche → Erhöht den Oberflächenabfluss bei Starkregen erheblich
- Versickerungsflächen: 12,0 % natürliche Versickerungsflächen → Begrenzte Pufferkapazität für Niederschlag
- Geländeneigung: Leicht geneigt (mittlere Hangneigung 5,6 °) → Moderate Fließgeschwindigkeit des Oberflächenabflusses
- Moderate Höhe über Gewässerniveau (HAND 11,6 m) → Mittleres Überflutungsrisiko durch Gewässernähe
- Hoher TWI-Maximalwert (13,2) im Umfeld → Lokal erhöhte Wassersättigungspotenziale

Terrain-Parameter:

Parameter	Wert	Einheit	Bedeutung
HAND (Height Above Nearest Drainage)	9,49	m	Abstand zum nächsten Gewässer in Höhenmetern
TWI Maximum	13,19	-	Topographischer Feuchteindex (höhere Werte = höhere Überflutungsgefahr)
Mittlere Hangneigung	5,88	°	Beeinflusst Fließgeschwindigkeit
Versiegelungsgrad	72,5	%	Reduziert natürliche Versickerung

Landnutzung im 500-m-Umfeld:

Landbedeckungsklasse	Fläche (ha)	Anteil (%)
Bebaut/Versiegelt	56,47	72,5
Wasserflächen	12,05	15,5
Baumbestand	8,82	11,3
Grünland	0,54	0,7

Klimaskalierung Sturzflut:

Periode	Exposition	Skalierungsfaktor	Berechnung
Referenzzustand (1991-2020)	0,65	1,00	Ausgangswert
RCP 8.5 / 2050	0,68	1,07	$0,65 \times 1,07 \approx 0,70$ (gedeckelt)

Der extreme_precip_factor = 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). In Kombination mit dem hohen Versiegelungsgrad (72,5 %) führt dies zu einer deutlichen Zunahme des Oberflächenabflusses.

Sturzflut/Oberflächenabfluss Referenzzustand vs. Klimaprojektion

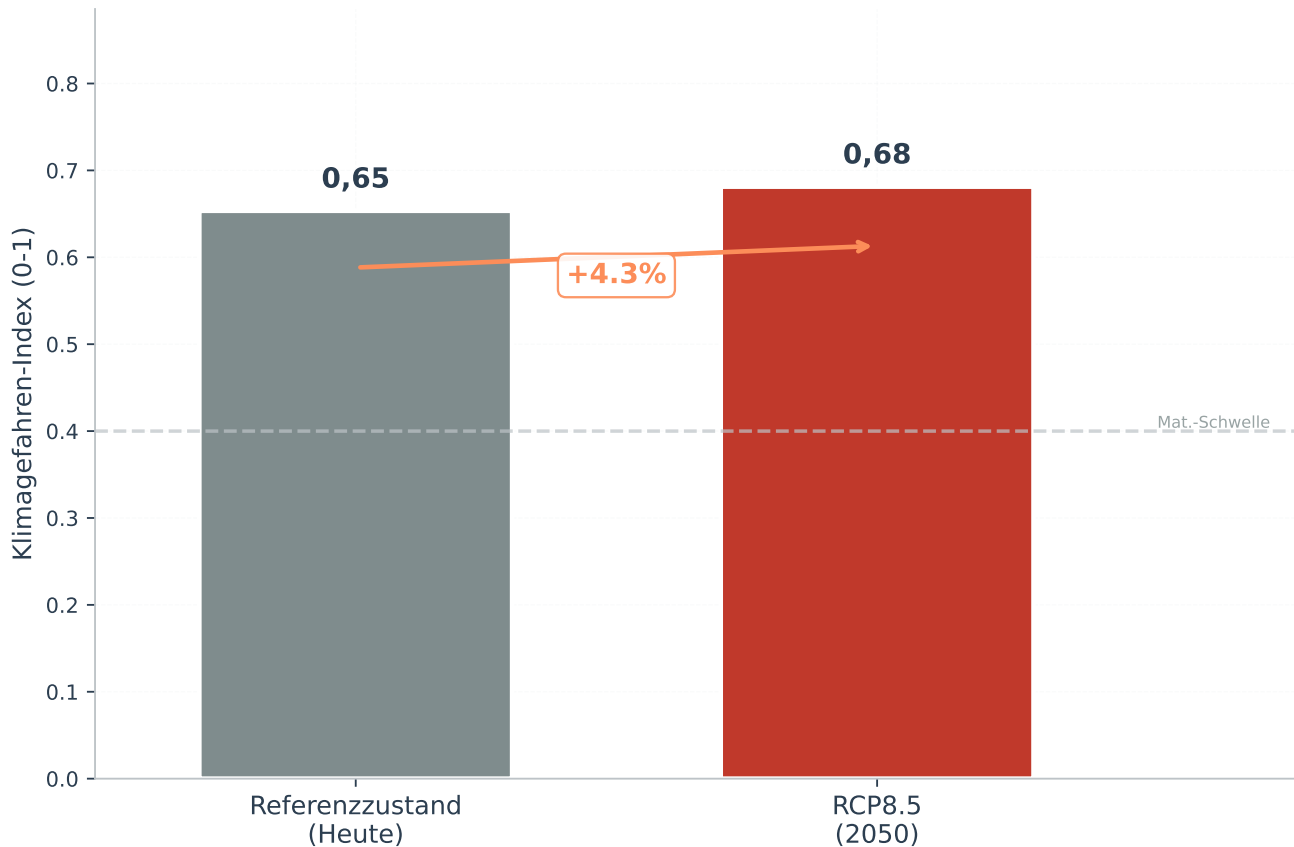


Abbildung 4: Baseline vs. Projektion Sturzflut

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

4.4 Grundwasserneubildung

Aktuelle Exposition:

- Expositions Wert: 0,66 (Skala 0-1)
- Risikoklasse: Mittel
- Referenzzustand (2024): 0,57

Der Index bewertet das Potenzial für Grundwasserneubildung basierend auf Bodendurchlässigkeit, Infiltrationskapazität und topographischer Drainage. Der hohe Versiegelungsgrad (72,5 %) am Standort begrenzt die Infiltration erheblich.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Unter RCP 8.5 sinkt die Grundwasserneubildung aufgrund steigender Evapotranspiration ($\text{recharge_factor} \approx 0,80$, d. h. -20% Grundwasserneubildung). Zwar nimmt der Niederschlag leicht zu (Faktor $1,06$), doch die stark steigende Verdunstung durch mehr Hitzetage (Faktor $2,59$) überwiegt. Bis 2100 verschärft sich diese Entwicklung auf einen recharge_factor von $0,66$.

Grundwasserneubildung Referenzzustand vs. Klimaprojektion

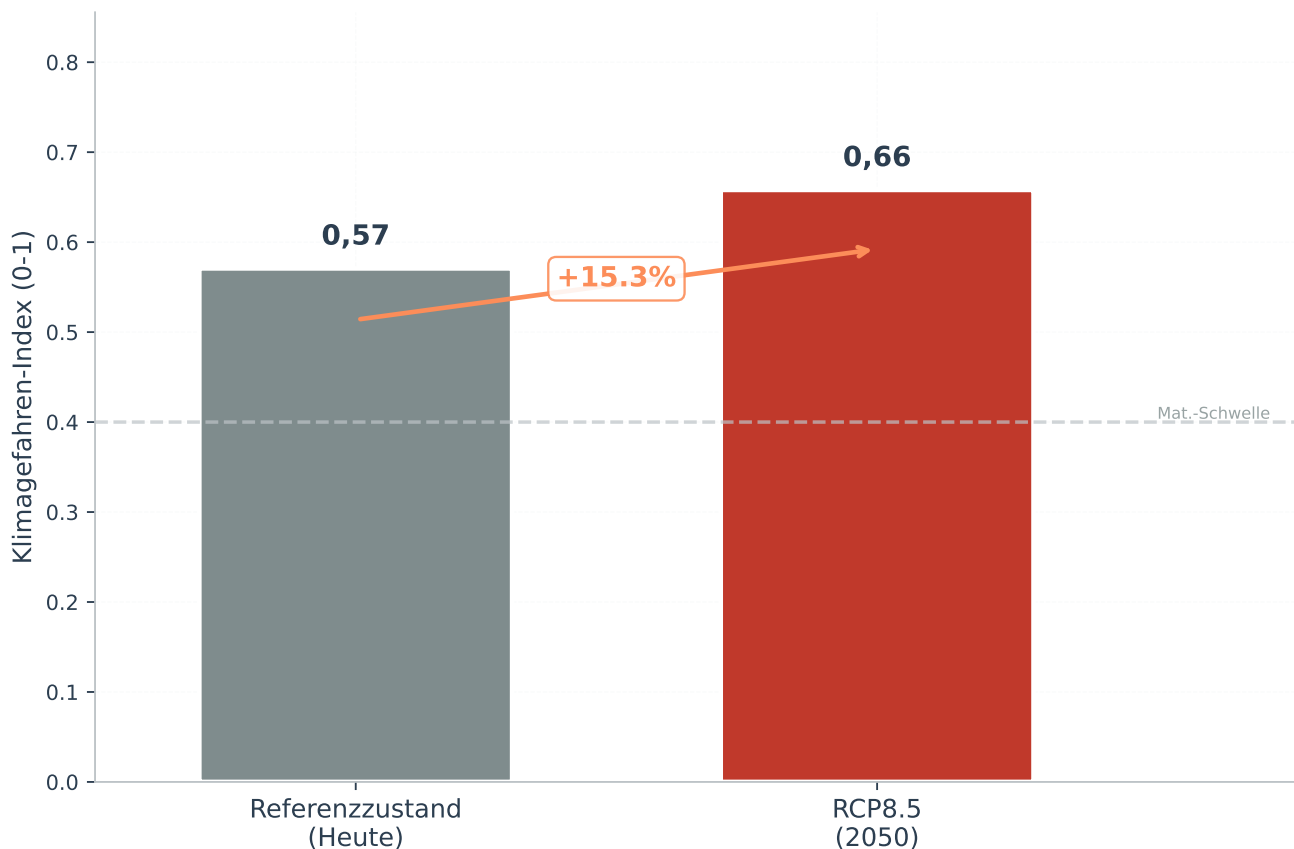


Abbildung 5: Baseline vs. Projektion Grundwasserneubildung

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

4.5 Dürre-Vulnerabilität

Aktuelle Exposition:

- Expositions Wert: $0,51$ (Skala $0-1$)
- Risikoklasse: Mittel
- Referenzzustand (2024): $0,38$

Die Dürre-Vulnerabilität kombiniert terrain-basierte Faktoren (30%) mit dem klimatischen SPEI-Index (70%). Der Standort zeigt eine mittlere Vulnerabilität, die durch die urbane Lage und begrenzte Vegetationsdecke beeinflusst wird.

Zukünftige Entwicklung (RCP 8.5, 2050):

Unter RCP 8.5 steigt die Dürre-Vulnerabilität durch zunehmende Hitzetage und damit wachsende Evapotranspiration. Der SPEI-Sommermittelwert verschiebt sich in den negativen Bereich (moderate Dürre). Bis 2100 erreicht die Exposition 0,54 – eine kontinuierliche, wenn auch nicht dramatische Zunahme, die die langfristige Wasserverfügbarkeit dennoch spürbar beeinträchtigt.

Dürre-Vulnerabilität Referenzzustand vs. Klimaprojektion

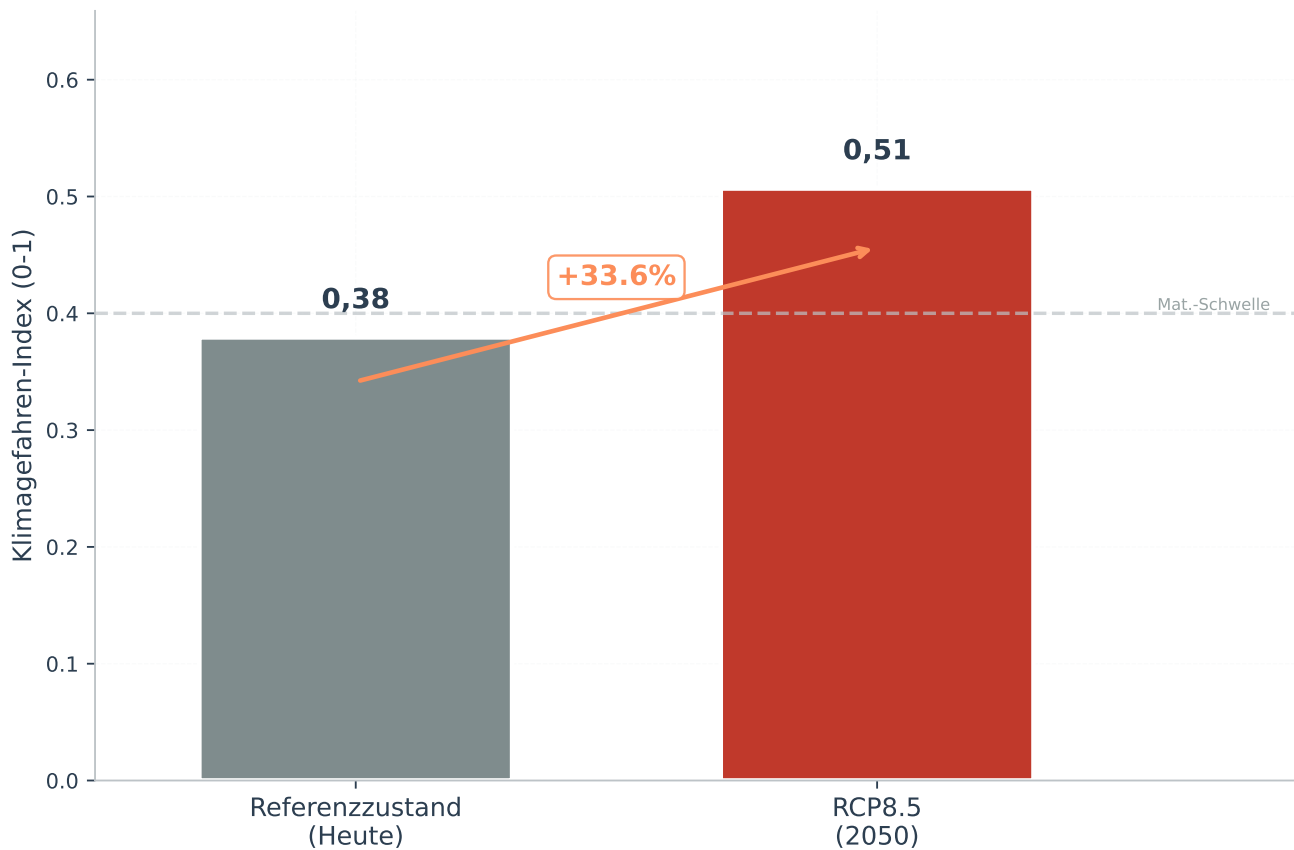


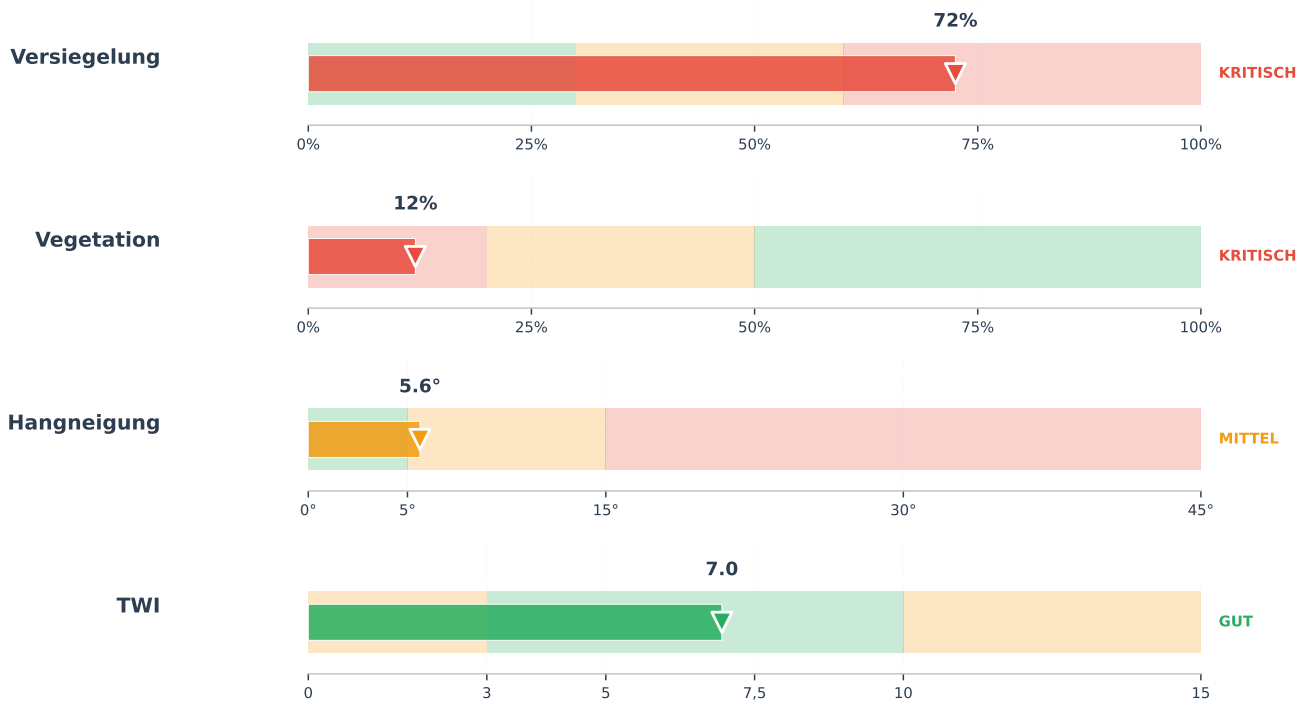
Abbildung 6: Baseline vs. Projektion Dürre-Vulnerabilität

Abbildung 6: Vergleich der aktuellen Exposition (Referenzzustand) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 für Dürre-Vulnerabilität.

Standortkontext

Die folgende Grafik fasst die wichtigsten Kontextfaktoren des Standorts zusammen.

Standort-Kontext

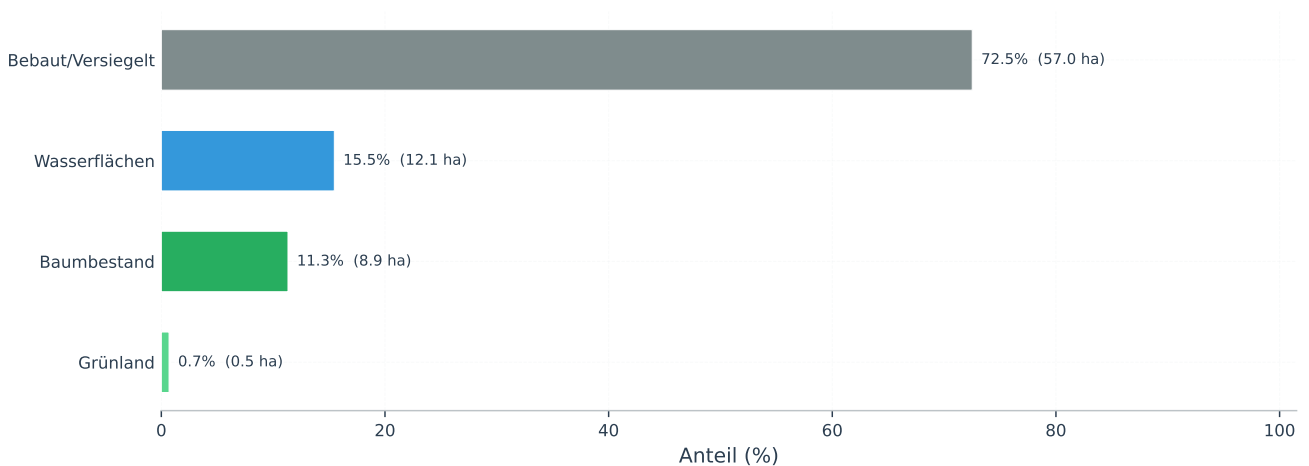


Hoher Versiegelungsgrad (72%) im Umfeld | Begrenzte natürliche Versickerungsflächen

Abbildung 7: Standortkontext

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

Landnutzung im Umfeld (500m Radius)



Interpretation: Überwiegend bebautes Umfeld mit eingeschränkter Retention

Abbildung 8: Landbedeckung

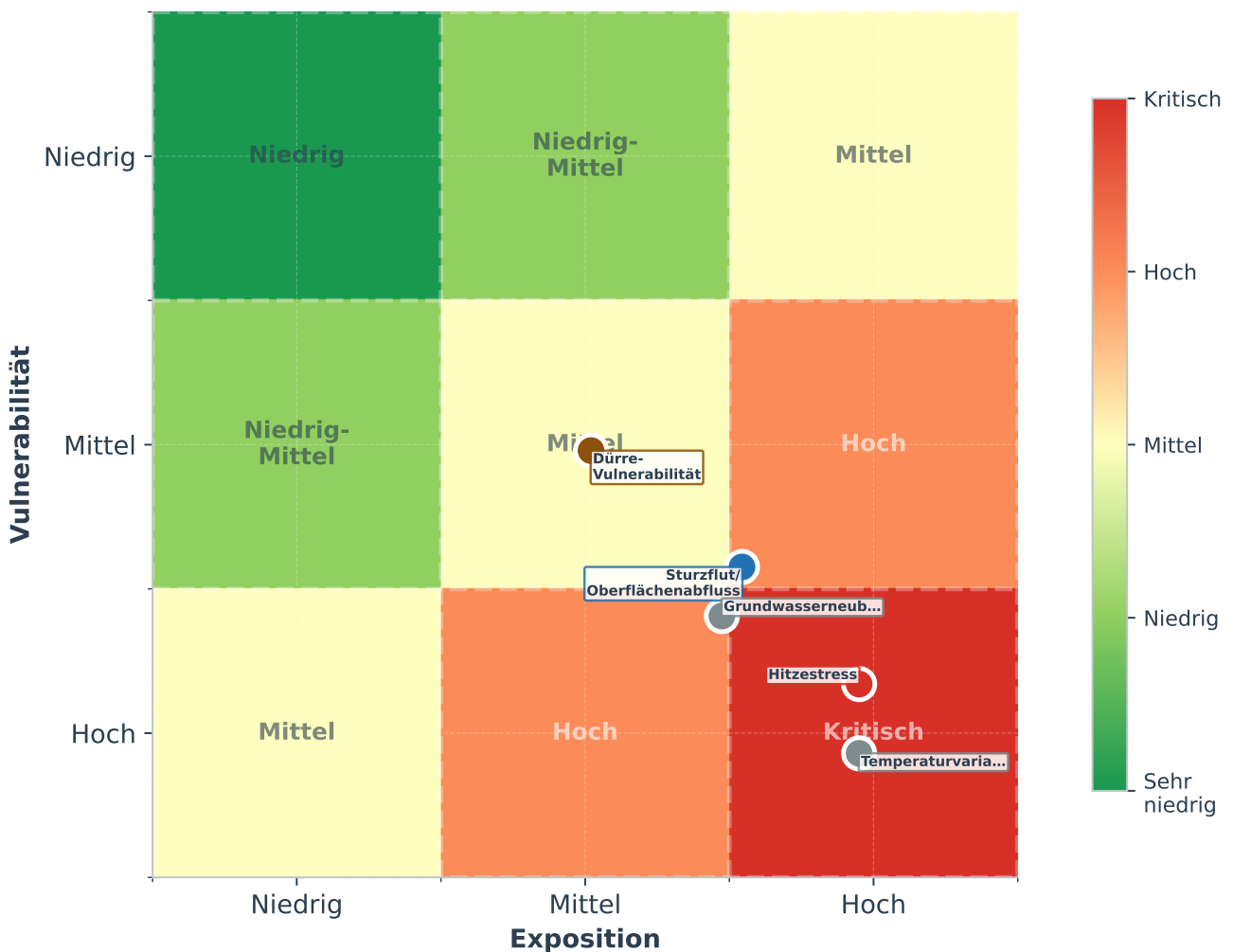
Abbildung 8: Landbedeckungsverteilung im 500-m-Umfeld des analysierten Standorts.

5. Risikobewertung

5.1 Risikomatrix (IPCC AR6 Framework)

Die Risikobewertung folgt dem IPCC AR6 Framework, in dem sich das Risiko aus der Kombination von Gefährdung (Hazard), Exposition und Vulnerabilität ergibt. Die im Report verwendeten „Expositionswerte“ entsprechen den integrierten Hazard-Indizes, die Gefährdung und standortspezifische Vulnerabilität bereits berücksichtigen.

Risikomatrix (IPCC AR6)



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

Abbildung 9: Risikomatrix

Abbildung 9: IPCC AR6 Risikomatrix. Risiko ergibt sich aus der Kombination von Exposition und Vulnerabilität.

5.2 Portfolio-Risikoprofil

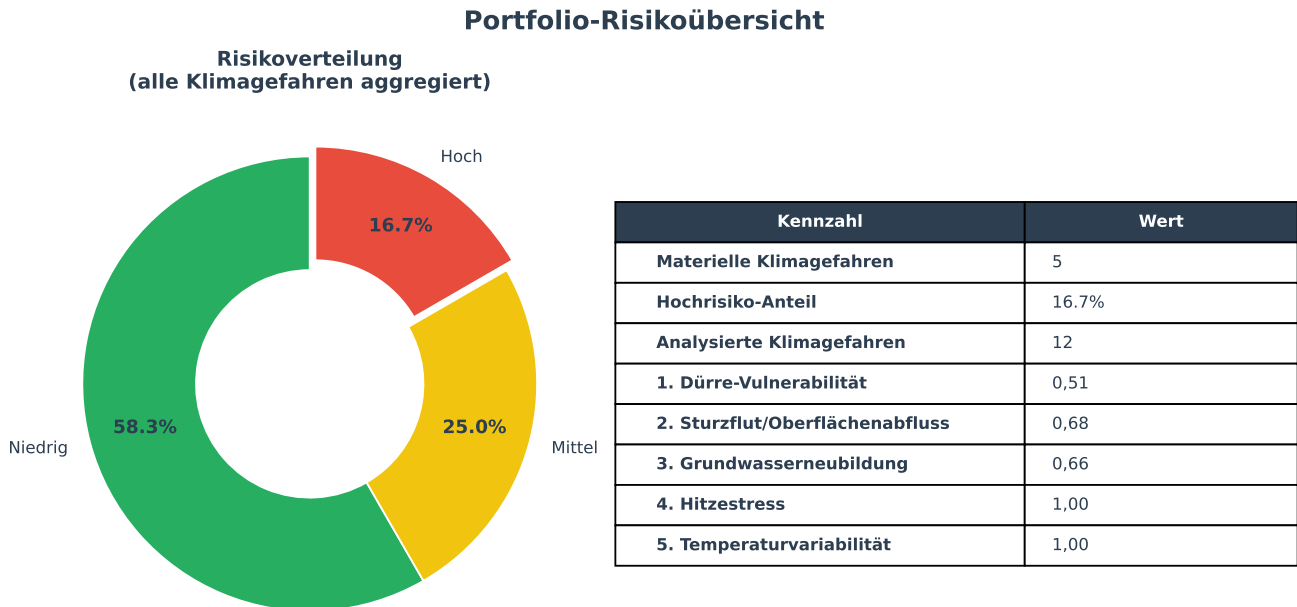


Abbildung 10: Portfolio-Risikoübersicht

Abbildung 10: Portfolio-Risikoübersicht mit aggregierter Risikoverteilung und Zusammenfassung.

Die Gesamtrisikobewertung für den Standort ergibt:

- Gesamtrisiko-Kategorie: **Hoch**
- Anteil Hochrisiko-Gefährdungen: 16,7 % (2 von 12 analysierten Klimagefahren)
- Anzahl materieller Gefährdungen: 5 von 12
- EU-Taxonomie Abdeckung: 12 von 13 Gefahren gemäß Anhang A analysiert

5.3 Zeitliche Entwicklung der Klimarisiken

Die zeitliche Entwicklung zeigt, wie sich die materiellen Klimarisiken vom Referenzzustand bis 2100 unter dem RCP 8.5-Szenario entwickeln. Insbesondere Hitzestress und Temperaturvariabilität erreichen bereits kurzfristig (2030) den Maximalwert.

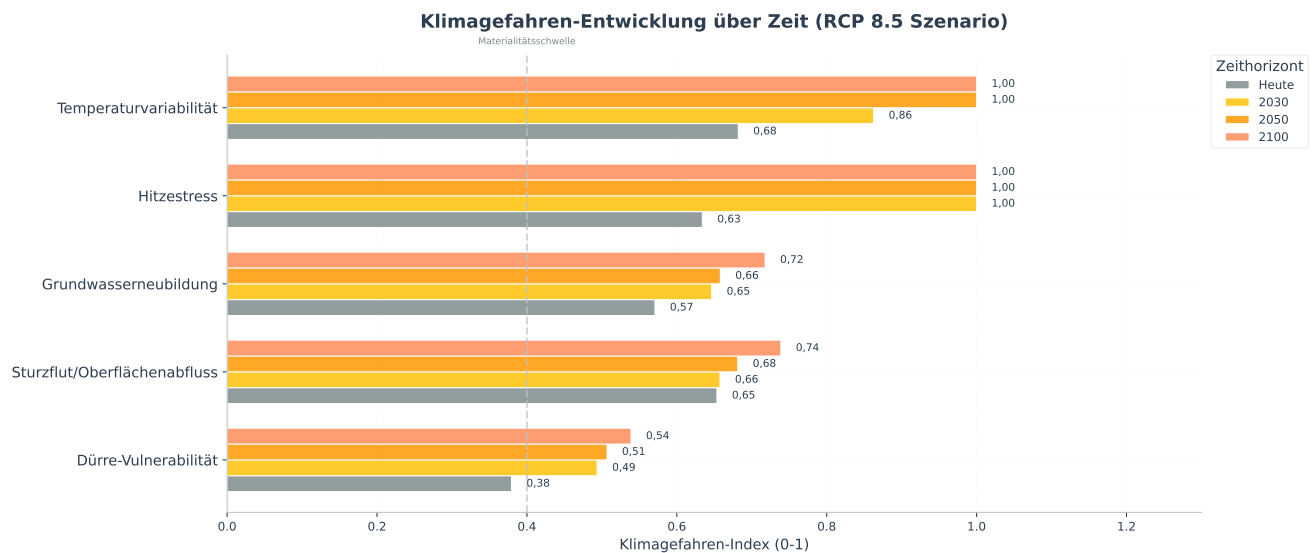


Abbildung 11: Zeitliche Entwicklung

Abbildung 11: Entwicklung aller materiellen Klimagefahren von heute bis 2100 unter dem RCP 8.5-Szenario. Die zeitliche Progression zeigt die zunehmende Belastung durch den Klimawandel.

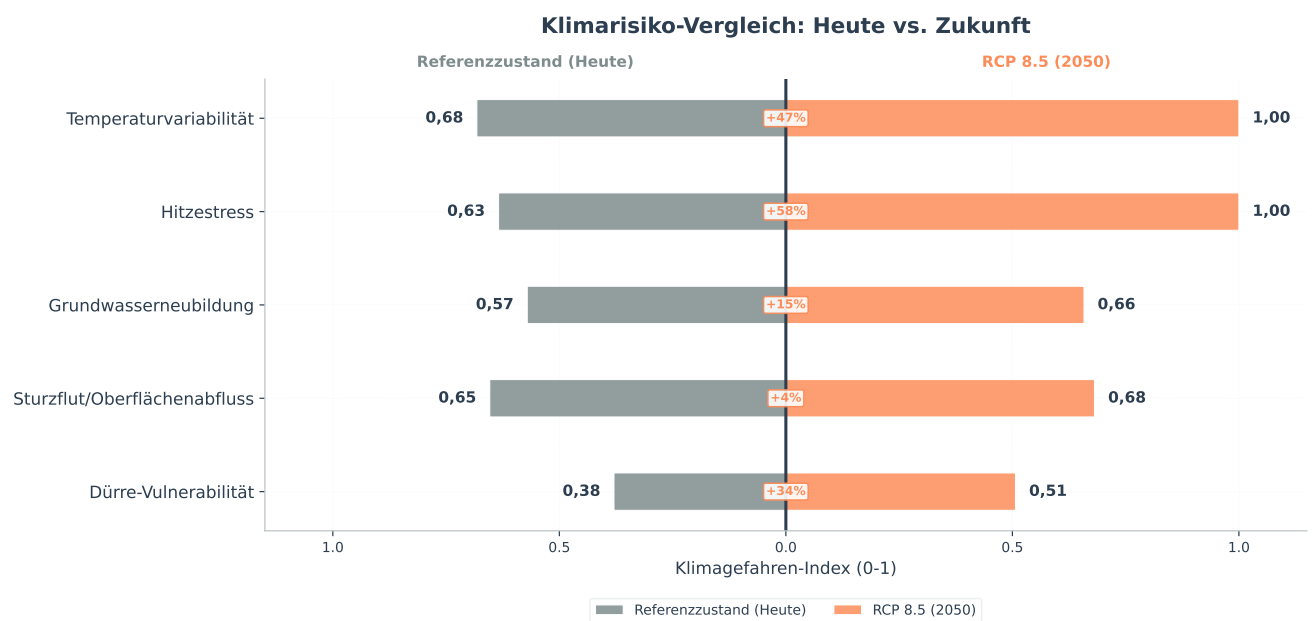


Abbildung 12: Baseline vs. Zukunft

Abbildung 12: Direktvergleich der heutigen Exposition (links) mit der projizierten Exposition unter RCP 8.5 im Jahr 2050 (rechts). Die Prozentwerte zeigen die erwartete Veränderung.

5.4 Klimaszenario-Vergleich

Die folgenden Grafiken zeigen die Entwicklung der Klimagefahren unter verschiedenen Szenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5), was die Robustheit der Ergebnisse über unter-

schiedliche Annahmen hinweg verdeutlicht.

Klimagefahren-Entwicklung unter Klimaszenarien Dürre-Vulnerabilität Sturzflut/Oberflächenabfluss



● Referenzperiode (1991-2020)
● RCP4.5 (Moderat)
● RCP8.5 (Worst-Case)

Abbildung 13:16 Klimaszenarien

Abbildung 13: Entwicklung der Klimagefahren-Expositionen unter verschiedenen Klimaszenarien (RCP 2.6, RCP 4.5, RCP 8.5) bis 2100.

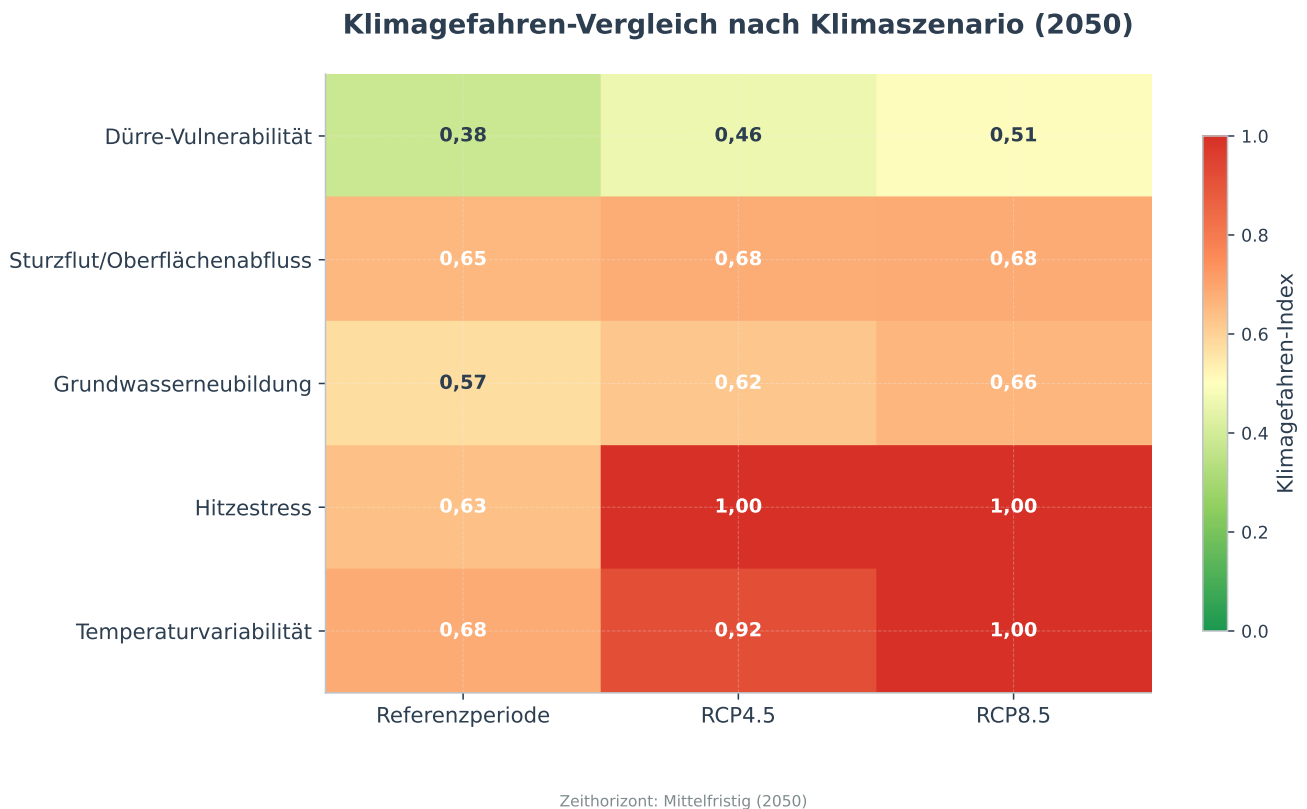


Abbildung 14: Szenario-Heatmap

Abbildung 14: Heatmap der Klimagefahren-Expositionen für alle Szenarien und Zeithorizonte. Dunkle Färbung zeigt hohe Exposition.

6. Anpassungsmaßnahmen

Die EU-Taxonomie (Delegierte VO 2021/2139) fordert physische und nicht-physische Anpassungslösungen. Die Umsetzungsfrist für bestehende Anlagen beträgt fünf Jahre bei hohem Risiko.

6.1 Kurzfristige Maßnahmen (0-2 Jahre)

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

- Hitzeaktionspläne erstellen mit dokumentierten Verhaltensregeln bei Hitze, insbesondere für vulnerable Gruppen
- Notfallpläne aktualisieren mit Evakuierungs- und Schutzmaßnahmen für Starkregenereignisse
- Integration von DWD-Frühwarnsystemen (Unwetterwarnungen, NINA-App) in die Betriebsabläufe

- Elementarschadenversicherung prüfen und abschließen zur Absicherung gegen Starkregen und Überschwemmung
- Temperaturüberwachung in kritischen Gebäudebereichen installieren
- Energiemanagement-System mit Lastspitzenmanagement einrichten

Physische Maßnahmen:

- Sonnenschutz anbringen (Jalousien, Markisen, Außenbeschattung) zur Reduzierung des Wärmeeintrags
- Rückstauklappen im Abwassersystem installieren zur Verhinderung von Kanalrückstau bei Starkregen
- Wassersensoren zur Frühwarnung bei Wassereintritt im Keller/Untergeschoss
- Nachtlüftungssysteme zur passiven Kühlung

6.2 Mittelfristige Maßnahmen (2-5 Jahre)

Physische Maßnahmen je nach materiellem Risiko:

Bei Hitzestress und Temperaturvariabilität: - Dach- und Fassadenbegrünung zur Reduktion des Wärmeeintrags und Verdunstungskühlung (DAS 2024, HF Stadtentwicklung) - Klimatisierung kritischer Bereiche mit energieeffizienten Systemen (DAS 2024, HF Gesundheit) - Helle Oberflächen für Dach und Fassade mit hohem Albedo (UBA 2022, Tabelle A.1) - Verbesserung der Gebäudehülle (Wärmedämmung) gemäß GEG 2024 - Trinkwasserbrunnen bzw. Wasserspender in Aufenthaltsbereichen (DAS 2024, Cluster Wasser) - Arbeitsschutzmaßnahmen: Angepasste Arbeitszeiten und Pausenregelungen bei Hitze (DAS 2024) - Heizungsaustausch auf GEG-konforme Wärmepumpe/Fernwärme (GEG 2024 §72) - Sanierungsfahrplan mit dokumentierter Energieeffizienzstrategie (GEG 2024; EBA GL/2025/01)

Bei Sturzflut/Oberflächenabfluss: - Retentionsflächen und Versickerungsmulden auf dem Grundstück - Dimensionierung des Entwässerungssystems auf Starkregenereignisse - Entsiegelung von Flächen und Einbau wasserdurchlässiger Beläge - Prüfung einer „Weißen Wanne“ (wasserdichte Kellerabdichtung) bei erhöhtem Risiko

Bei Dürre-Vulnerabilität und Grundwasserneubildung: - Regenwassernutzungssysteme (Zisternen) zur Brauchwasserversorgung (DAS 2024, HF Gebäude) - Wassersparende Technologien (effiziente Armaturen, Kreislaufführung) (DAS 2024, Cluster Wasser) - Trockenheitsresistente Bepflanzung im Umfeld (DAS 2024, HF Biologische Vielfalt) - Grauwasserrecycling zur Wiederverwendung von Brauchwasser (DAS 2024, Cluster Wasser) - Bewässerungseffizienz durch Tropfbewässerung und Bodenfeuchtesensoren (DAS 2024, HF Landwirtschaft) - Wassernotfallpläne mit Priorisierung bei Wasserknappheit (DAS 2024, Cluster Wasser) - Monitoring von Grundwasserständen und Bodenfeuchte (DAS 2024, HF Boden) - Prüfung alternativer Wasserquellen und Versorgungsverträge (UBA 2022, Abschnitt 4.4)

6.3 Langfristige Maßnahmen (5+ Jahre)

Strukturelle Anpassung (Quelle: DAS 2024, Cluster Infrastruktur): - Klimaresilienz in Sanierungsstandards integrieren - Regenwassermanagement auf Quartiersebene

etablieren - Grüne Korridore und Durchlüftungsschneisen im urbanen Umfeld fördern - Flexible HVAC-Systeme zur Anpassung an saisonale Temperaturextreme

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

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)

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-Baseline	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-Konfiguration:

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	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	DWD HYRAS-DE / DWD	Staatliche Referenzdaten
Referenzzustand	Beobachtungsdaten	

Die 30-jährige Referenzperiode (1991–2020) dient als klimatologische Basis. 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:

$$\text{Aggregiertes Risiko} = \text{mean}([\text{Exposition_Hazard}1, \dots, \text{Exposition_Hazard}N])$$

2. Klassifizierung:

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

3. Berechnung (dieser Report):

Materielle Hazards: [Hitzestress: 1,00, Temperaturvariabilität: 1,00, Sturzflut: 0,68, Grundwasserneubildung: 0,66, Dürre-Vulnerabilität: 0,51]

$$\text{Aggregiert: mean}([1,00, 1,00, 0,68, 0,66, 0,51]) = 0,77$$

→ Gesamtrisiko: Hoch (> 0,70)

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	5,88	Grad	Sturzflut, Erosion
TWI (Topographic Wetness Index)	8,42	-	Dürre, Sturzflut
HAND (Height Above Nearest Drainage)	9,49	m	Sturzflut, Flusshochwasser
TPI (Topographic Position Index)	-2,95	-	Windexposition, Frost
TRI (Terrain Ruggedness Index)	11,96	m	Erosion
Versiegelungsgrad	72,5	%	Sturzflut

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 ≥ 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 Ergebnisse dieser Analyse unterliegen folgenden Unsicherheiten:

- **Klimamodell-Unsicherheiten:** Die verwendeten EURO-CORDEX-Projektionen basieren auf einem einzelnen antreibenden Globalmodell (MPI-ESM-LR). Die natürliche Klimavariabilität und Modellunterschiede können zu Abweichungen führen. Das RCP 8.5-Szenario stellt eine normative Projektion dar, die den Worst-Case widerspiegelt und als alleiniger Entwicklungspfad äußerst unwahrscheinlich ist. Es wird gemäß dem Vorsorgeprinzip verwendet, um ein potenzielles Worst-Case-Szenario abzuschätzen. Aktuelle wissenschaftliche Einschätzungen (IPCC AR6; Hausfather & Peters 2020) ordnen RCP 8.5 als „High-end scenario“ ein, nicht als wahrscheinlichsten Klimapfad.
- **Räumliche Auflösung:** Die DEM-Auflösung von 30 m und die Klimamodell-Auflösung von ~12 km begrenzen die Genauigkeit lokaler Aussagen. Mikroklimatische Effekte (z. B. Hinterhofkühlung, lokale Verschattung) werden nicht erfasst.
- **Fehlende Kaskadeneffekte:** Die Analyse betrachtet Klimagefahren einzeln. Kumulierte Wirkungen (z. B. Hitze + Dürre → erhöhte Waldbrandgefahr, Starkregen nach Dürre → erhöhte Erosion) werden nicht modelliert.
- **Stationarität der Landnutzung:** Die Landbedeckungsdaten (ESA WorldCover 2021) werden als stationär angenommen. Zukünftige Versiegelungs- oder Entsiegelungsmaßnahmen sind nicht berücksichtigt.
- **Einzelstandort-Analyse:** Bei einem einzelnen Standort entfallen statistische Kennwerte der Portfolioverteilung.

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., Petersen, J., Eggert, B., 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. 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.
10. Vicente-Serrano, S.M., Beguería, S., & López-Moreno, J.I. (2010). A Multiscalar Drought Index Sensitive to Global Warming: The Standardized Precipitation Evapotranspiration Index. *Journal of Climate*, 23(7), 1696–1718.

7.5 Audit-Trail und Nachvollziehbarkeit

Objekt-Lebensdauer

Parameter	Wert	Begründung
Gebäudetyp	Bestandsgebäude (urbaner Standort)	-
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)
Referenzzustand-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
Hazard (Gefährdung)	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), EBA/GL/2025/02, CSRD und MaRisk erstellt.