

**Titel: Inschatting van de gevolgen van klimaatverandering in een stroomgebied en vaststelling van duurzame aanpassingsmaatregelen**

**Kernbegrippen:**

Aanpassing aan klimaatverandering; geïntegreerd hoogwaterbeheer; overstromingspreventie; potentiële schade; kosten-batenanalyse; conflictmanagement; communicatiestrategie

**Doelgroep:**

Milieuagentschappen; regionale en lokale waterbeheerders en professionals op het gebied van het overstromingsrisicobeheer.

**Aanbevelingen in de ESPACE-strategie waarop de richtsnoeren betrekking hebben:**

1. X	2.	3. X	4. X	5.	6.	7.X
8. X	9. X	10. X	11. X	12.	13. X	14. X

**Zinnen die de richtsnoeren koppelen aan relevante aanbevelingen uit de strategie:**

- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren bevatten risicomanagementprocessen in het kader van duurzaamheidsbeoordelingen en strategische milieubeoordelingen die kunnen worden geïmplementeerd in regionale hoogwaterbeheersplannen (o.a. hoogwater-actieplan 'HAP' voor de Main).
- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren maken zowel gebruik van risicomanagementprocessen als van kosten-batenanalyses.
- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren maken duidelijk dat het binnen het evaluatie- en besluitvormingsproces van belang is dat meerdere organisaties doeltreffend samenwerken.
- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren zijn met name bedoeld om de ruimtelijke-orderingsopties met het oog op klimaatverandering te beoordelen.
- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren zijn erop gericht de meest effectieve en efficiënte adaptatiemaatregelen in kaart te brengen.
- Het inschatten van betrouwbare 'klimaatveranderingsfactoren' voor het ontwikkelen van hoogwaterbeschermende maatregelen vormt de kern van de door LfU ontwikkelde richtsnoeren.
- Met de door LfU ontwikkelde richtsnoeren is een betrouwbare definitie mogelijk van de grenzen van infrastructurele hoogwaterbescherming bij klimaatverandering en de door de private sector en burgers te nemen zelfbeschermende maatregelen.
- De door LfU ontwikkelde richtsnoeren maken de ontwikkeling van duurzame oplossingen mogelijk door concrete beslissingsondersteuning te bieden op basis van kosten-batenanalyses, en tonen duidelijk kwetsbare gebieden en waarden aan de hand van kaarten.
- De door LfU ontwikkelde richtlijnen ondersteunen op de lange termijn gerichte politieke beslissingen en strategische maatregelen en berusten daarom op het

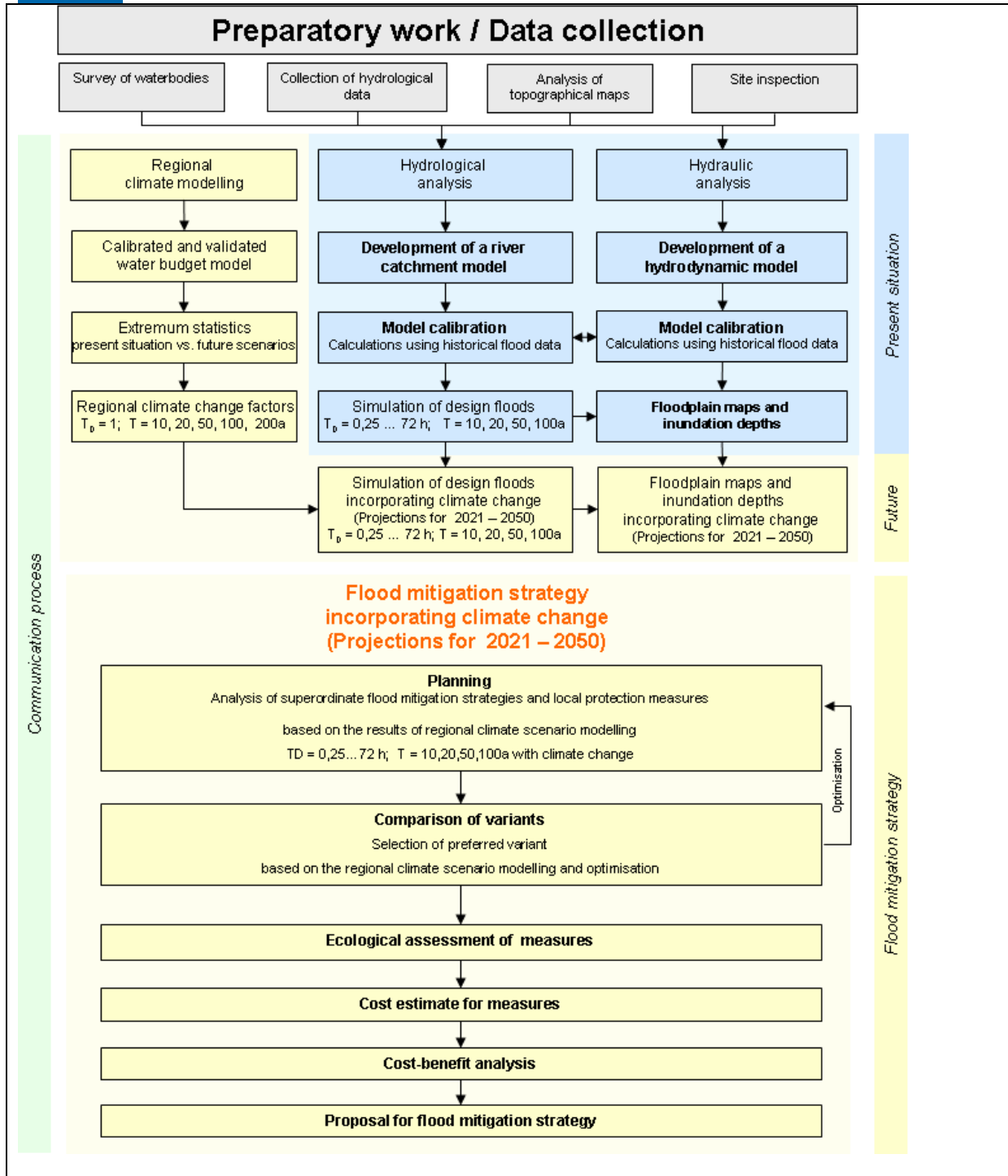
voorzorgsbeginsel en niet op reacties op concrete extreme gebeurtenissen.

14. De door LfU ontwikkelde richtsnoeren houden rekening met het feit dat klimaatverandering een uitgesproken dynamisch proces is, waardoor de Beierse waterschappen zich ertoe verbinden regelmatig evaluaties en herzieningen uit te voeren.

#### Overzicht:

De richtsnoeren zijn bedoeld als een recept, aan de hand waarvan de gevolgen van klimaatverandering in een stroomgebied kunnen worden ingeschat en vervolgens de meest efficiënte hoogwaterbeschermende maatregelen kunnen worden vastgesteld. Het proces begint met de ontwikkeling van kwantitatieve informatie over klimaatverandering en de gevolgen voor regionale waterhuishoudingen. Het analyseert de aan klimaatverandering gerelateerde overstromingsgevolgen en de resulterende fysieke effecten op verschillende vormen van bodemgebruik. Tegelijkertijd worden de economische, ecologische en sociaal-culturele gevolgen beoordeeld. Het belangrijkste resultaat is de berekening van 'klimaatveranderingsfactoren'. Deze vormen de basis voor een effectiviteitsanalyse voor de verschillende planningsopties. Het communicatieproces met alle betrokken partijen begeleidt elke fase van het proces en leidt tot een optimale combinatie van maatregelen voor de mitigatie van en aanpassing aan klimaatverandering.

Schema 2: Stroomschema van het planningsproces met inachtneming van klimaatverandering



## Beschrijving:

Het Beierse werk in het kader van het ESPACE-project heeft onder meer geresulteerd in gedetailleerde richtsnoeren voor het beoordelen van de gevolgen van klimaatverandering in een stroomgebied en – op basis daarvan - het vaststellen van de meest efficiënte hoogwaterbeschermende maatregelen. Tegen deze achtergrond hanteert LfU een holistische aanpak, met een bijzonder accent op de kwantificatie van de gevolgen van klimaatverandering op het niveau van het stroomgebied of substroomgebied, waarbij wordt gekeken naar:

- de fysieke gevolgen
- de economische gevolgen
- de ecologische en sociaal-culturele gevolgen.

Het belangrijkste onderdeel van deze richtsnoeren is de stapsgewijze toepassing van de procedure die wordt weergegeven in schema 2 en die verankerd is in een geschikte communicatiestrategie. Deze procedure kan dienen als een algemeen recept.

Het planningsproces volgt het in schema 2 weergegeven stroomschema. Voor een beoordeling van de kwantitatieve gevolgen van klimaatverandering voor watergerelateerde aspecten is toepassing van het 'met en zonder'- principe van belang, d.w.z. vergelijking van de scenario's met en zonder klimaatverandering. De invloed van klimaatverandering wordt beoordeeld door de klimaatveranderingsfactoren te bepalen (gele kaders). De blauwe vakjes bevatten gedetailleerde analyses van hydrologische en hydraulische kenmerken van het stroomgebied. Op grond van de gecombineerde resultaten kan de potentiële schade met klimaatverandering worden berekend (geel). Dit is de input voor kosten-batenanalyses, waarop de besluitvorming moet berusten.

### 1. Database

Om te beginnen is een adequate database nodig als betrouwbaar fundament voor de volgende stappen. Essentiële data zijn bijvoorbeeld onderzoeken van de wateren en de voor overstroming vatbare rivierdalen, hydrologische data, gedetailleerde topografische data en inspecties op locatie.

### 2. Verwerking

#### a) Regionaal klimaatmodel:

Aangezien er nog geen optimale methode voor de ontwikkeling van regionale klimaatmodellen bestaat, dienen idealiter verschillende downscaling-methoden te worden toegepast op verschillende GCM's (Global Circulation Models) uitgaande van verschillende emissiescenario's, zodat een breed spectrum regionale klimaatmodellen wordt verkregen. Als tweede stap kan aan één regionaal klimaatmodel de voorkeur worden gegeven, dat de invoergegevens levert voor de volgende modellering van de waterbalans.

#### b) Modellering van de waterbalans en extreme-waarden-statistiek:

Het opzetten van waterbalansmodellen voor de bestaande klimaatomstandigheden met gemeten klimaatgegevens is een belangrijke voorwaarde voor de beoordeling van de gevolgen van klimaatverandering voor waterbalans-aspecten. Aan de modellen worden hoge eisen gesteld: prognosemodellen vereisen een op fysieke gegevens gebaseerde procesbeschrijving. Extreme-waarden-statistiek wordt toegepast voor de berekening van rivierafvoeren op basis van de outputs van waterbalansmodellering. Karakteristieke overstromingen met verschillende kansen van optreden vormen de belangrijkste informatie voor de ruimtelijke ordening in stroomgebiedgerelateerd hoogwaterbeheer.

#### c) Hydraulische modellering en modellering van potentiële schade

Deze berekeningen maken de beoordeling mogelijk van:

- de fysieke gevolgen
- de economische gevolgen van de toegenomen potentiële schade
- de ecologische en sociaal-culturele gevolgen.

Op basis van deze resultaten kunnen maatregelen in het kader van 'geïntegreerd hoogwaterbeheer' met en zonder inachtneming van klimaatverandering worden gerealiseerd. Een zeer belangrijk resultaat in dit verband is de vaststelling van zogenaamde 'klimaatveranderingsfactoren'.

### **3. Beoordeling van de door klimaatverandering veroorzaakte toename van de kwetsbaarheid en gevolgen voor overstromingsrisicobeheer**

Met de boven beschreven aanpak kan nu informatie worden verkregen over de toename van de kwetsbaarheid als gevolg van klimaatverandering. Daarvoor moet worden gekeken naar de situatie 'met en zonder'. Het belangrijkste verschil aan het begin van de procesketen bestaat in de verschillende hydrologische kenmerken. Zwaardere overstromingen leiden tot een hogere hydraulische belasting. De negatieve effecten op het bodemgebruik nemen toe, waardoor ook de potentiële schade toeneemt.

Welke gevolgen resulteren uit de toenemende kwetsbaarheid voor hydraulische belastingen?

De afgelopen jaren hebben talrijke overstromingen laten zien dat de technische infrastructuur haar beperkingen heeft. Omdat op natuurlijke retentie gericht overstromingsrisicobeheer bij extremere gebeurtenissen een ondergeschikte rol speelt, concentreert de optimalisatie van de te nemen maatregelen zich op de vraag of moet worden gekozen voor gebouwde infrastructuur of voor verdere eigen aanpassingsmaatregelen door de bevolking, d.w.z. tot welk beschermingsniveau kunnen infrastructurele maatregelen worden gerechtvaardigd? Omdat dit met name afhangt van de specifieke omstandigheden, zijn individuele, op de situatie afgestemde beslissingen vereist. Hierbij spelen aspecten van economische efficiëntie een centrale rol. Maar soms gaapt er een grote kloof tussen kosten-batenanalyse en good practice. Behalve op kwaliteit dient de inhoud van de planning te zijn gebaseerd op de transparante en heldere informatie die in de besluitvorming en het communicatieproces vereist is.

In de bestaande regelingen voor de hoogwaterbescherming ligt de nadruk met name op de betrouwbaarheid van de constructies en bijbehorende noodvoorzieningen. De noodzaak van aanpassingsmaatregelen vloeit voort uit de erkende regels voor goed technisch vakmanschap. Er kunnen zich allerlei verschillende situaties voordoen. De gunstigste situatie bestaat wanneer de regeling naderhand op een economisch efficiënte manier kan worden doorgevoerd, zowel voor wat betreft de te waarborgen veiligheidsnormen als voor wat betreft de mate van bescherming volgens het beginsel van de 'evenredigheid der middelen'. De situatie waarin de veiligheidsaanpassing plaatsvindt ten koste van de mate van bescherming is aanzienlijk ongunstiger. De slechtst mogelijke situatie bestaat wanneer het om redenen van efficiëntie niet mogelijk is de belastingstoename als gevolg van de klimaatverandering te compenseren.

Omdat het beginsel van 'evenredigheid der middelen' een steeds belangrijkere plaats inneemt, zal het hard nodig zijn verdere eigen maatregelen door de bevolking te bevorderen. Daarnaast is het nodig de resterende risico's te communiceren, hetgeen in het verleden ernstig is veronachtzaamd.

### **4. Communicatiestrategie**

In het verleden legden overheidsinstanties de meeste nadruk op technische oplossingen en werd communicatie met de betrokken burgers verwaarloosd. Dit leidde tot onderschatting van resterende risico's en tot een beperkte communicatie over deze onderwerpen. Communicatie moet daarom in elke fase van het planningsproces plaatsvinden en in de plannen voor hoogwaterbescherming worden geïmplementeerd.

De belangrijkste algemene doelstellingen van de communicatiestrategie zijn: bewustmaking, gedragsverandering, gecoördineerde planning, implementatie van optimale maatregelen, samenwerking.

Bij de toepassing van het beleid is het tevens van belang om te communiceren dat er in de context van klimaatverandering grenzen zijn aan de bescherming door technische infrastructuur en te bevorderen dat er een verschuiving optreedt naar meer eigen maatregelen. Het gaat hierbij om de toepassing van methoden ter bevordering van het bewustzijn en ter verandering van het gedrag als het gaat om klimaatverandering.

### 5. Perspectieven en conclusie

De verrichte evaluaties geven aanleiding tot het aanpassen van de tot dusver gebruikte methode voor het bepalen van de maatgevende afvoer, en als gevolg van klimaatverandering tot het overwegen van een 'belastingssituatie bij klimaatverandering'.

Casestudies uit de praktijk hebben aangetoond dat inachtneming van de gevolgen van klimaatverandering bij technische hoogwaterbeschermende maatregelen meestal slechts een relatief geringe kostenstijging veroorzaakt, mits dit belastingsscenario tijdens de planning al in aanmerking wordt genomen en tijdens de aanleg ten minste geschikte voorzorgsmaatregelen in acht worden genomen voor latere adaptatie. Met latere adaptatiemaatregelen daarentegen zijn in de regel zeer hoge kosten gemoeid.

Bij het plannen van nieuwe hoogwaterbeschermende maatregelen in de toekomst dient daarom de belastingssituatie bij klimaatverandering te worden onderzocht. Ook zouden hierbij de gevolgen van de belastingssituatie voor de geplande maatregelen moeten worden beschreven, evenals de extra kosten die hieruit naar verwachting zouden resulteren. Er dienen zodoende beslissingen te worden genomen, op basis van beschikbare bevindingen, over de vraag in hoeverre de adaptatie die voor toekomstige klimaatverandering nodig is, bij actuele werkzaamheden al in acht moet worden genomen. Ook moet rekening worden gehouden met de mogelijkheden voor aanvullende, latere adaptatie.

Deze richtsnoeren laten zien hoe de 'klimaatveranderingsfactoren' moeten worden berekend voor toepassing van de belaste situatie en hoe deze informatie moet worden gebruikt in het besluitvormingsproces met het oog op doeltreffende en efficiënte hoogwaterbeschermende maatregelen.

#### Auteur:

Belau, Morscheid, Schmidtke  
Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

#### Meer informatie (Duits):

- „Hochwasserschutzplanung und Klimawandel: Die Fallstudie Fränkische Saale im Rahmen des EU-Vorhabens ESPACE (De casestudy 'Fränkische Saale' in het kader van het EU-project ESPACE)  
Kleinhans, 2006
- „Darstellung und Vergleich regionaler Klimaszenarien (ENKE) des Mainingebiets in Bayern“  
Consultant Bronstert en LfU, 2005
- “Einfluss des Klimawandels auf Wasserbilanzen und Abflüsse für Einzugsgebiete des bayerischen Mains mittels Klimaszenarien“  
Consultant Willems en LfU, februari 2006
- “Ergänzung Schadenspotentialermittlung

	<p>Fränkische Saale” Consultant Hydrotec en LfU, maart 2007</p> <ul style="list-style-type: none"><li>• A quick scan of spatial measures and instruments for flood risk reduction in selected EU countries Ministerie van Verkeer en Waterstaat Directoraat-Generaal Verkeer en Waterstaat en het RIZA Instituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling</li><li>• Documentatie van de ESPACE-workshop over kwetsbaarheid en klimaatverandering (Würzburg) LfU, oktober 2004</li></ul>
--	--