LE GOUVERNEMENT
DU GRAND-DUCHÉ DE LUXEMBOURG
Ministère de l'Environnement, du Climat
et du Développement durable

Administration de la gestion de l'eau

ENTURF HOCHWASSERRISIKO-MANAGEMENTPLAN

2021-2027

Achtung:

Bei dem hier vorliegenden Dokument handelt es sich nicht um den finalen Hochwasserrisikomanagement-Plan, sondern lediglich um eine Zwischenversion. Hierbei wurde der Entwurf des Planes, welche im Juni 2021 veröffentlicht wurde, zum Teil ergänzt beziehungsweise angepasst, um den Anmerkungen, welcher während der Öffentlichkeitsbeteiligungsprozedur gesammelt wurden, Rechnung zu tragen.
Bis zum jetzigen Stand konnten noch nicht alle Anmerkungen eingearbeitet werden, dies wird bis zur Finalisierung des Planes noch geschehen. Wir bitten Sie daher um Verständnis, falls Sie Ihre Anmerkung im Dokument nicht vorfinden. Es sei aber auch erwähnt, dass nicht alle Anmerkungen in den Plan integriert werden. Sie wurden alle geprüft und es werden nur solche eingebaut, die einen Mehrwert für das Hochwasserrisikomanagement besitzen.

Administration de la gestion de l’eau, 17.10.2022

Inhaltsverzeichnis

Vorwort 9

1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie 9

1.1 Hochwasser 10

1.2 Zeitplan und Etappen der Umsetzung der HWRM-RL 13

1.3 Zuständige Behörden 15

1.4 Information und Beteiligung der Öffentlichkeit 15

2 Beschreibung des Flussgebietes 17

2.1 Die Gewässer in Luxemburg 17

2.2 Charakteristik der Naturräume Ösling und Gutland 18

2.2.1 Ösling 19

2.2.2 Gutland 19

2.3 Klimatische Verhältnisse 20

2.4 Hydrologische Verhältnisse 22

2.5 Bevölkerung und Siedlung 24

2.6 Flächennutzung 25

2.7 Verkehrsinfrastruktur 26

2.8 Gewerbe und Industrie 26

2.9 Flussgebietseinheiten in Luxemburg 27

3 Historische Hochwasserereignisse 28

3.1 Hochwasser Mai 2016 29

3.2 Starkregenereignis 2016 30

3.3 Eishochwasser Our 2017 31

3.4 Hochwasser Januar 2018 32

3.5 Starkregenereignis 2018 33

3.6 Winterhochwasser Februar 2020 34

3.7 Hochwasser Juli 2021 37

4 Stand der Umsetzung 40

4.1 Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos 40

4.2 Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten 41

4.2.1 Regionalisierung der Hochwasserabflüsse 42

4.2.2 Hydraulische Modellierung 43

4.2.3 Projekt der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten 2019 45

4.2.4 Zusammenfassung der öffentlichen Anhörung 48

4.2.5 Internationaler Austausch 50

4.2.6 Gesetzliche Festsetzung der Überschwemmungsgebiete 50

4.3 Hochwasserrisikomanagement-Plan 50

4.3.1 Umsetzung des Maßnahmenprogrammes aus Zyklus 1 51

4.3.2 Zusammenfassung der öffentlichen Anhörung zum Entwurf des HWRM-PL 52

4.3.3 Strategische Umweltprüfung (SUP) des Entwurfes des HWRM-Planes 52

5 Bewertung des Hochwasserrisikos ... 54

5.1 Auswertung der Hochwasserrisikokarten ... 55
5.1.1 Auswertung der Siedlungsflächen und betroffenen Personen ... 55
5.1.2 Auswertung der sensiblen Gebäude und kulturellen Einrichtungen ... 61
5.1.3 Auswertung von Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur ... 63
5.1.4 Auswertung der Industrieanlagen ... 66

5.2 Entwicklung des Hochwasserrisikos ... 67

5.3 Hochwasserschadenspotenziale in Luxemburg ... 69

5.4 Zusammenfassung der Hochwasserrisikobewertung ... 72

6 Fortschreibung des HWRM ... 74

6.1 Hochwasservorhersage ... 74

6.2 Hochwassermonitoring ... 76

6.3 Bauen in Überschwemmungsgebieten ... 80

6.4 Retentionsraumkataster ... 82

6.5 Bestehender Hochwasserschutz ... 83

6.6 Katastrophenschutz ... 91
6.6.1 Nationale Alarm-und Einsatzpläne ... 92
6.6.2 Interministerielle Plattform zur Reduktion von Katastrophenrisiken ... 93

6.7 Hochwasserpartnerschaften ... 93

6.8 Wasserrahmenrichtlinie ... 94
6.8.1 Signifikante Belastungen nach WRRL ... 95
6.8.2 Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der WRRL ... 97

6.9 FFH-Richtlinie ... 98

6.10 Klimaanpassungsstrategie ... 100

6.11 Einfluss des Klimawandels auf das Hochwasserrisiko ... 101

6.12 Starkregen ... 104

7 Ziele des HWRMs und Maßnahmen ... 105

7.1 Benennung der Ziele des HWRM ... 105

7.2 Überarbeitung des Maßnahmenkatalogs ... 108
7.2.1 Überprüfung des Maßnahmenkatalogs aus dem ersten HWRM-Plan ... 108
7.2.2 Erarbeitung neuer Maßnahmen ... 108
7.2.3 Koordination mit der WRRL ... 109
7.2.4 Koordination mit der Klimaanpassungsstrategie ... 110
7.2.5 Überblick über den Maßnahmenkatalog ... 111

7.3 Priorisierung der Maßnahmen ... 111

7.4 Überwachung und Bewertung der Fortschritte ... 112

7.5 Zeitplan der Umsetzung ... 114

7.6 Umsetzung der Maßnahmen ... 114
7.6.1 Hochwasserrisikomanagement-Konzepte ... 115
7.6.2 Finanzierung der Maßnahmen des Maßnahmenkataloges ... 119
7.6.3 Privater Objektschutz ... 119
7.6.4 Genehmigungen und Nachweise ... 120

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Hauptfließgewässer in Luxemburg mit Einzugsgebieten > 100 km² 17
Tabelle 2: Auflistung der luxemburgischen Gewässer, in die ein Zufluss aus einem Nachbarstaat erfolgt oder die ein Grenzgewässer mit einem Nachbarstaat bilden 18
Tabelle 3: Flächennutzung in Luxemburg (Datengrundlage: LandUse 2018) 26
Tabelle 4: Anteile Luxemburgs an der IFGE Rhein und der IFGE Maas 27
Tabelle 5: Größere Überschwemmungsereignisse der letzten Jahre 28
Tabelle 6: Übersicht über die höchsten gemessenen Abflüsse pro Jahr an verschiedenen Pegeln [m^3/s] 28
Tabelle 7: Übersicht über die höchsten gemessenen Wasserstände pro Jahr an der Mosel [m] (Service de la navigation fluviale) 29
Tabelle 8: Gemessene Abflüsse und Einschätzung der Jährlichkeiten (AGE) 35
Tabelle 9: APSFR-Codes der Risikogewässer 41
Tabelle 10: Übersicht über die Vermessungsarbeiten im Zuge der hydraulischen Modellierung 44
Tabelle 11: Anmerkungen der Bevölkerung zu den HWGK 48
Tabelle 12: Übersicht der "Avis communaux" zu den HWGK 49
Tabelle 13: Anzahl der Änderungen an den einzelnen Gewässern 49
Tabelle 14: Übersicht der Maßnahmen 51
Tabelle 15: Stand der Umsetzung der Maßnahmen 52
Tabelle 16: Gesamtüberschwemmungsflächen pro Gewässer und Szenario in [ha] 54
Tabelle 17: Betroffene Siedlungsflächen [ha] pro Risikogewässer 57
Tabelle 18: Potenziell betroffene Personen pro Gewässer 58
Tabelle 19: Betroffene Siedlungsfläche pro Gemeinde (Übersicht) 59
Tabelle 20: Potenziell betroffene Personen pro Gemeinde (Übersicht) 60
Tabelle 21: Sensible Gebäude im Überschwemmungsgebiet 61
Tabelle 22: Kulturelle Einrichtungen im Überschwemmungsgebiet 62
Tabelle 23: Anzahl der Transformatoren im Überschwemmungsgebiet pro Gewässer 63
Tabelle 24: Anzahl der Umspannwerke im Überschwemmungsgebiet pro Gewässer 63
Tabelle 25: Betroffene Trinkwasserentnahmestellen nach Gewässer 64
Tabelle 26: Betroffene Trinkwasserschutzzonen nach Gewässer 64
Tabelle 27: Betroffene Bahnhöfe und Bushaltestellen 66
Tabelle 28: Anzahl der betroffenen Industriestandorten pro Gewässer 66
Tabelle 29: Entwicklung der betroffenen Siedlungsflächen [ha] 67
Tabelle 30: Entwicklung der Anzahl an potenziell betroffenen Personen 68
Tabelle 31: Ermittelte Schadenspotenziale in Euro 71
Tabelle 32: Übersicht der APSFR-Codes und OWK-Bezeichnungen 95
Tabelle 33: Natura 2000 Habitatschutzgebiete an Hochwasserrisikogewässern 99
Tabelle 34: Natura 2000 Vogelschutzgebiete an Hochwasserrisikogewässern 100
Tabelle 35: Klimaanpassungsstrategie: Bezug zum HWRM-Plan 100
Tabelle 36: Umgesetzte Maßnahmen der Klimaanpassungsstrategie im Zuge der Erstellung des HWRM-Plan 111
Tabelle 37: Überblick über den neuen Maßnahmenkatalog 111

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Hochwasser in Echternach (2021, AGE) ... 10
Abbildung 2: Hochwasserschäden in Diekirch an der Sauer (2011, AGE) ... 11
Abbildung 3: Hochwasser in Remich (2020, AGE) ... 12
Abbildung 4: Anteile Luxemburgs an den internationalen Flussgebietseinheiten Rhein und Maas ... 14
Abbildung 5: Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen 2018 Luxemburg-Findel (376 m NN) (Quelle: meteolux) ... 21
Abbildung 6: Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen 2019 Luxemburg-Findel (376 m NN) (Quelle: meteolux) ... 21
Abbildung 7: Jahresdurchschnittstemperaturen (links) und mittlere Jahresniederschläge (rechts) in Luxemburg (Abbildung ohne Maßstab) ... 22
Abbildung 8: Langjährige Dauerlinien der Abflussspenden verschiedener Pegelstationen in unterschiedlichen Naturräumen (Quelle: AGE und LIST) ... 23
Abbildung 9: Vergleich des gemessenen Abflusses an den Pegelstationen Kautenbach/Wiltz und Hesperange/Alzette im Jahr 2018 (Quelle: AGE) ... 24
Abbildung 10: Vergleich des gemessenen Abflusses an den Pegelstationen Kautenbach/Wiltz und Hesperange/Alzette im Jahr 2019 (Quelle: AGE) ... 24
Abbildung 11: Interpolierte Niederschlagsmengen auf Grundlage gemessener Daten vom 30.05.2016 (12:00 - 18:00) ... 29
Abbildung 12: Überschwemmungen in Mondorf-les-Bains (rechts) und Frisange (links) ... 30
Abbildung 13: Niederschlagsjährlichkeiten beim Starkregenereignis 2016 (LIST, 2018) ... 30
Abbildung 14: Eisgang an der Our (AGE, 2018) ... 31
Abbildung 15: Eisstau und Überschwemmungen an der Our (AGE, 2017) ... 31
Abbildung 16: Moselhochwasser in Remich (AGE) ... 32
Abbildung 17: Moselhochwasser in Schengen (AGE) ... 32
Abbildung 18: Hochwasser an der schwarzen Ernz in Grundhof (AGE, Luxsense S.A., 2018) ... 33
Abbildung 19: Niederschlag und Wasserführung der Attert bei Useldange (gepunktete Linie) und Bissen (durchgezogene Linie) vom 9. bis 11. Juni 2018 ... 33
Abbildung 20: Hallerbacher Niederschlag und Abflussmengen vom 9. bis 10. Juni 2018 ... 34
Abbildung 21: Hochwasser in Useldange und Bissen (AGE, 2020) ... 34
Abbildung 22: Verteilung der Niederschläge vom 01.01.2020 bis 03.02.2020 ... 35
Abbildung 23:Hochwasser an der Alzette in Steinsel und an der Sauer in Bollendorf-Pont (AGE, 2020) ... 36
Abbildung 24: Überschwemmung des Parkplatzes "Däichwissen" in Ettelbrück (wort.lu) ... 36
Abbildung 25: Überschwemmung des Parks in Mersch durch die Alzette (wort.lu) ... 36
Abbildung 26: Hochwasser an der Mosel in Wasserbillig (rechts) und Remich (links) (AGE) ... 37
Abbildung 27: Überschwemmung in Steinheim (links) und Mersch (rechts) infolge des Hochwasser Juli 2021 .. 37
Abbildung 28: Tagessumme der Niderschläge (rechts) und Situation an den Pegeln (1507.2021; 05:30; inondations.lu) ... 38
Abbildung 29: Wasserstandgangliniien während des Hochwasserereignisses Juli 2021 (inondations.lu) ... 38
Abbildung 30: Drohnenaufnahme der Überschwemmung in Steinsel (Luxsens S.A., AGE) ... 39
Abbildung 31: Übersicht der Hochwasserrisikogewässer (AGE, 2018) ... 40
Abbildung 32: Beispiel eines Berechnungsnetzes der 2D Modelle ... 45
Abbildung 33: HWGK mit Angabe der Wassertiefenklassen ... 46
Abbildung 34: HWGK mit Angabe einer nicht angeschlossenen Überschwemmungszone ... 46
Abbildung 35: HWGK mit Angabe eines geschützten Bereiches ... 47
Abbildung 36: Darstellung der HWRK ... 47
Abbildung 37: HWRK mit Markierung der betroffenen Siedlungsbereiche und Personen ... 56
Abbildung 38: Betroffene Siedlungsfläche pro Gewässer ... 57
Abbildung 39: Pot. betroffene Personen pro Gewässer und Szenario ... 58
Abbildung 40: Betroffene Siedlungsfläche pro Gemeinde und Szenario ... 59
Abbildung 41: Pot. betroffene Personen pro Gemeinde und Szenario ... 60
Abbildung 42: HWRK mit Angabe sensibler Gebäude ... 62
Abbildung 43: Hochwasserrisikokarten mit Angabe einer Trinkwasserschutzzone (blaue Linien) ... 65
Abbildung 44: Ausschnitt HWRK HQ_{ext} Hesperange ... 65
Abbildung 45: Ausschnitt aus den HWRK mit Angabe „!“ von Industriestandorten ... 66
Abbildung 46: Unterscheidung von Makro-, Meso- und Mikroanalyse ... 69

Abbildung 47: Ermittelte spezifische Vermögenswerte für Luxemburg 2020 in €/m² aus der Schadenspotenzialstudie (2021) 70
Abbildung 48: Schritte zur Abschätzung des Schadenspotenzials (Schadenspotenzialstudie, 2021) 71
Abbildung 49: Hochwasservorhersage am Pegel Diekirch (AGE) 75
Abbildung 50: Überlagerung von Luftaufnahmen mit den HWGK (HQ_{10}, blaue Schraffur) 77
Abbildung 51: Luftaufnahme mittels Drohnen beim Hochwasser in Bettembourg Juli 2021 (AGE, Luxsense S.A.) 78
Abbildung 52: Luftaufnahme mittels Drohnen beim Hochwasser in Mersch im Februar 2020 (AGE, Luxsense S.A.) 79
Abbildung 53: Luftaufnahme mittels Flugzeug beim Hochwasser 1995 in Walferdange (AGE) 79
Abbildung 54: Auswertung der Überschwemmung mittels Satellitenbildern (Quelle: LIST) 80
Abbildung 55: Schema der drei Strategien (Leitfaden „Bauen in Überschwemmungszonen“, AGE 2018) 81
Abbildung 56: Vorhandenes Retentionsvolumen an der Alzette (aus Entwurf Retentionsraumkataster) 83
Abbildung 57: HWRB in Welscheid, unterhalb (AGE) 84
Abbildung 58: Eingestautes HWRB in Welscheid im Februar 2019 (AGE) 84
Abbildung 59: Hochwasserschutzmauer in Ingeldorf (AGE) 85
Abbildung 60: Überschwemmte Ausgleichsfläche zur Widerherstellung des Retentionsvolumen „im Ahl“ (AGE) 85
Abbildung 61: Hochwasserschutzmauer in Diekirch (AGE) 86
Abbildung 62: Hochwasserschutz in Diekirch: Schutzgegen Kanalrückstau (rechts) und Eindeichung des Tirelbachs (links) (AGE) 86
Abbildung 63: Schlauchwehr in Diekrich bei Hochwasser (AGE) 86
Abbildung 64: Hochwasserschutzmauer in Echternach (AGE) 87
Abbildung 65: Umleitung des Osweilerbaches bei Hochwasser (AGE) 87
Abbildung 66: Gander in Mondorf-les-Bains, während der Arbeiten und nach Fertigstellung bei Hochwasser .. 88
Abbildung 67: Hochwasserbypass der Gander in Mondorf-les-Bains 88
Abbildung 68: Hochwasserbypass an der Attert in Bissen (AGE) 89
Abbildung 69: Übersicht über die Renaturierungsarbeiten an der Attert, oben: 2003, unter 2019 (Geopotail.lu) 89
Abbildung 70: Überblick über die Renaturierung der Weißen Ernz, rechts vor der Umsetzung, links danach (AGE) 90
Abbildung 71: Überblick über die Renaturierung der Weißen Ernz, rechts 2004, links 2019 (Geoportail.lu) 90
Abbildung 72: Deich an der Wark in Warken, links an der Geländeerhöhung zu erkennen (AGE) 91
Abbildung 73: Hochwasserschutzmauer in Larochette (AGE) 91
Abbildung 74: Verhaltensregeln im Hochwasserfall (www.inondations.lu) 92
Abbildung 75: Hochwasserpartnerschaften in Luxemburg 94
Abbildung 76: HWRK mit Angabe einer Natura-2000 Schutzzone (grüne Linie) 99
Abbildung 77: Niederschlag in Luxemburg : 1961 – 1990 : 875 mm / 1981 – 2010 : 897 mm 102
Abbildung 78: Anzahl der Tage pro Jahr mit Starkniederschlägen für die Station Findel für die meteorologischen Jahreszeiten Sommer (links) und Winter (rechts) im Zeitraum 1947 bis 2016 102
Abbildung 79: Abflussentwicklung am Moselpegel Cochem: Signifikant fallender Trend der jährlichen Niedrigwasserabflüsse / NM7Q, gleichzeitig nicht signifikanter Anstieg der Abfluss-Jahresmittel / MQ; Zeitraum 1943 bis 2019 (Daten: WSV) 103
Abbildung 80: Eindrücke der Folgen verschiedener Starkregenereignisse in Luxemburg (AGE) 104
Abbildung 81: Hochwasserzyklus (LAWA) 105

Anhangverzeichnis

Anhang 1: Starkregenrisikomanagement in Luxemburg
Anhang 2: Stand der Umsetzung des ersten Maßnahmenkatalogs
Anhang 3: Maßnahmenkatalog des zweiten Hochwasserrisikomanagement-Plan

Vorwort

Copyright: SIP/Yves Kortum

Joëlle WELFRING
MINISTERIN FÜR UMWELT, KLIMA UND NACHHALTIGE ENTWICKLUNG

Mit der Einführung der Hochwasserrichtlinie hat die Europäische Gemeinschaft im Jahr 2007 einen europaweit einheitlichen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken geschaffen. Die Verbildlichung des Hochwasserrisikomanagements als Zyklus verdeutlicht die ganzheitliche Daueraufgabe, die es zu bewältigen gilt, um besser gewappnet zu sein für die nächsten Ereignisse.

Der zweite Zyklus der besagten Richtlinie stand im Zeichen der Überprüfung der Ziele und Maßnahmen des ersten Zyklus, sowie der Weiterführung eines nachhaltigen, integralen und zielorientierten Risikomanagements im Bereich Hochwasser. In dem Sinne ist zum Beispiel die Strategie im Umgang mit Starkregen als Maßnahme zur Anpassung an den Klimawandel in den zweiten HWRM-Plan eingearbeitet worden.

Sturzfluten und flussprägende Hochwasser sind Naturereignisse in extremer Form, die man nur begrenzt beherrschen kann. Da ein 100%iger Schutz nicht erreicht werden kann, bedarf es einer Strategie zur Minimierung dieser Risiken anhand eines systematischen, am aktuellen Wissensstand orientierten, koordinierten Vorgehens auf allen Ebenen, von der nationalen Regierung bis hin zu den einzelnen Bürgern und Bürgerinnen.

Die Regierung unterstützt das Hochwasserrisikomanagement durch spezifische und praxisnahe Informationen für alle wichtigen Akteure, die zur Minimierung der Risiken durch Hochwasser beitragen können: Gemeinden, Behörden, Regionalverbände, Wirtschaftsunternehmen, Ver- und Entsorger, Hilfsorganisationen, Land- und Forstwirtschaft, Bürgerinnen und Bürger.

Dieses Dokument zeigt auf, dass aufgrund der Aktivitäten der vergangenen Jahre bereits ein guter Stand im Hochwasserschutz erreicht wurde. Zugleich verdeutlicht es, dass noch vielfältige Herausforderungen vor uns liegen, die uns als Generationsaufgabe zum Schutz der Menschen in Luxemburg über das Jahr 2021 hinaus beschäftigen werden. Ein integriertes Hochwasserrisikomanagement stellt dabei die Weichen für die Zukunft.

Beim Hochwasserrisikomanagement tragen alle Aspekte – Vermeidung, Schutz, Vorsorge, Wiederherstellung und Überwachen – dazu bei, die nachteiligen Auswirkungen von Hochwasser auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und die wirtschaftlichen Tätigkeiten zu verringern. Es ist somit viel mehr als nur „Hochwasserschutz“.

1 Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie

1.1 Hochwasser

> „Hochwasser haben das Potenzial, zu Todesfällen, zur Umsiedlung von Personen und zu Umweltschäden zu führen, die wirtschaftliche Entwicklung ernsthaft zu gefährden und die wirtschaftliche Tätigkeit in der Gemeinschaft zu behindern."

So schreibt es das europäische Parlament in der Richtlinie 2007/60/EG vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken (Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie, kurz: HWRM-RL) im ersten Punkt der Aufzählung der Gründe zur Erlassung der genannten Richtlinie. Allein 40 % aller schadensrelevanten Naturkatastrophen weltweit, seit 1980, sollen auf Hochwasser zurückzuführen sein (Munich RE).

Hochwasser als Bestandteil des hydrologischen Kreislaufs ist ein natürliches Phänomen. Starke, langanhaltende Niederschläge, unter Umständen in Kombination mit einsetzender Schneeschmelze und/oder gefrorenen bzw. gesättigten Böden führen dazu, dass der sich der Abfluss in den Gewässern im Vergleich zum Normalfall erhöht. Entscheidend für die Abflussbildung sind neben der Intensität der Niederschläge und der Wasseraufnahmefähigkeit des Bodens noch die Charakteristik des Einzugsgebietes (Größe, Fähigkeit Wasser zurückzuhalten, Verdunstung, Versickerung, Topografie, …) und die Interaktionen mit dem Grundwasser (Patt, 2013). Abflüsse in Gewässern sind demnach umweltbedingt großen Schwankungen unterworfen.

Die steigenden Abflüsse bewirken einen Anstieg des Wasserstandes im Gewässer. Je nach Menge der Niederschläge kann dies dazu führen, dass der Wasserstand bis zum Ufer ansteigt. In diesem Fall wurde der bordvolle Abfluss erreicht. Steigen die Abflüsse weiter an, so führt dies zur Ausuferung des Gewässers, was Überschwemmungen des Umlandes zur Folge hat.

Prozesse wie die Flächenversiegelung der Landschaft, die Begradigung von Wasserläufen, die Vernichtung natürlicher Wasserrückhalte und der von Menschen verschärfte Klimawandel, können ein Hochwasserereignis verschärfen. Sie führen dazu, dass das Wasser zum Beispiel schlechter zurückgehalten wird, was eine Erhöhung des Hochwasserscheitelabflusses im Gewässer und demnach höhere Wasserstände zur Folge hat.

Abbildung 1: Hochwasser in Echternach (2021, AGE)

Die HWRM-RL definiert Hochwasser als „zeitlich beschränkte Überflutung von Land, das normalerweise nicht mit Wasser bedeckt ist. Diese umfassen Überflutungen durch Flüsse, Gebirgsbäche, zeitweise ausgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum, sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser; Überflutungen

aus Abwassersystemen können ausgenommen werden“. Diese Definition zeigt auf, dass Hochwasser verschiedene Ursachen und Erscheinungsformen haben kann. Des Weiteren ist es nicht unüblich, dass die verschiedenen Hochwassertypen gemeinsam auftreten und untereinander interagieren. In Luxemburg treten jedoch nicht alle der oben genannten Überflutungsarten auf. Aufgrund der geografischen Lage des Landes, ohne Anschluss an ein Meer, kann Hochwasser durch „zeitweise umgesetzte Wasserströme im Mittelmeerraum sowie durch in Küstengebiete eindringendes Meerwasser“ ausgeschlossen werden.

Hochwasser oder die Überschwemmungen des Umlandes eines Gewässers haben nicht automatisch Hochwasserschäden zur Folge. Für die Umwelt, beziehungsweise die natürliche Umgebung von Gewässern, also die Flussauen, sind Überschwemmungen wichtig, da sich hier angepasste Lebensräume entwickelt haben und viele der angesiedelten Lebewesen auf die regelmäßigen Überschwemmungen angewiesen sind.

Für den Menschen jedoch bedeutet Hochwasser oft Gefahr. Dies liegt zum einen daran, dass sich der Mensch im Laufe der Zeit immer näher an die Gewässer angesiedelt hat. Zum anderen wurden in diesen Überschwemmungsgebieten Nutzungen untergebracht, welche gegen diese Art der Beanspruchung nicht resistent sind und im Schadensfall gravierende Auswirkungen für Mensch und Umwelt haben können. Unter anderem ließ die Siedlungsverdichtung im 20. Jahrhundert die Sach- und Vermögenswerte in den von Überschwemmungen betroffenen Gebieten stark ansteigen. Zunehmend aufwändigere Bebauung, gehobene Ausstattung und Einrichtungen selbst in Kellerräumen und in unteren Stockwerken haben das Schadenspotenzial sukzessive ansteigen lassen. Das Schadenspotenzial ist dabei umso größer, je intensiver potenzielle Überflutungsgebiete genutzt sind und je geringer das Hochwasserbewusstsein ausgeprägt ist.

Abbildung 2: Hochwasserschäden in Diekirch an der Sauer (2011, AGE)

Somit entstehen Hochwasserschäden, wenn die Überschwemmung auf Objekte trifft, welche gegen diese nicht gewappnet sind. Man spricht hier vom Hochwasserrisiko, als Interaktion zwischen Gefährdung und Vulnerabilität (Patt, 2013). Die Gefährdung hängt hierbei besonders von der Intensität und der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses ab. Allgemein beschreibt der Begriff der Vulnerabilität die Verletzbarkeit und die möglichen Schäden im Ereignisfall. Sie setzt sich demnach aus der Exposition (also dem „Ausgesetzt sein“), der Resistenz/Widerstandsfähigkeit/Anfälligkeit und dem Schadenpotenzial von Risikoelementen gegenüber einer Gefahr zusammen.

Ein hohes Hochwasserrisiko ist zum Beispiel gegeben wenn sich bei kleineren (regelmäßigen) Hochwasserereignissen große Schäden bilden können.

Abbildung 3: Hochwasser in Remich (2020, AGE)

Dies entspricht auch der Definition des Hochwasserrisikos gemäß Richtlinie, als die „Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die Schutzgüter menschliche Gesundheit, Umwelt, Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeit“.

Hochwasserschäden können ganz unterschiedlicher Natur sein (DWA, 2012). So können bei einem Hochwasserfall Verkehrsinfrastrukturen, Gebäude, Hausrat und Inventar, Fahrzeuge, Gewerbe- oder Industrieobjekte, Lagerbestände oder Ver- und Entsorgungsanlagen betroffen sein.

Des Weiteren werden direkte und indirekte Hochwasserschäden (Smith & Ward, 1998) unterschieden. Direkte Schäden werden durch die physische Beanspruchung des Wassers ausgelöst. Man spricht in diesem Kontext von Vermögensschäden, Kosten des Wiederaufbaus, Krankheiten oder sogar Todesfällen. Indirekte Schäden entstehen, wenn Prozesse durch das Wasser unterbrochen oder in Gang gesetzt werden. Hier handelt es sich beispielsweise um die Unterbrechung wirtschaftlicher oder sozialer Aktivitäten oder eine reduzierte Kaufkraft.

Als Reaktion auf die häufigen Hochwasserereignisse der vorangegangenen Jahre, wurde am 23. Oktober 2007 vom Europäischen Parlament und vom Europäischen Rat die „Richtlinie 2007/60/EG über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken“, kurz HWRM-RL, verabschiedet. Ziel dieser Richtlinie ist es, einen Rahmen für die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken zur Verringerung der hochwasserbedingten nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und die wirtschaftlichen Tätigkeiten in der Gemeinschaft zu schaffen.

Die Umsetzung der Richtlinie geschieht in Zyklen von jeweils 6 Jahren und umfasst folgende Schritte:

- Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos und Ausweisung der Risikogewässer;
- Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten;
- Erstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen.

Die Richtlinie bezieht sich dabei auf 3 unterschiedliche Hochwasserszenarien:

- Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit (HQ_{10})
  - ➔ Hochwasserabfluss eines Gewässers, der im statistischen Mittel alle 10 Jahre eintritt.
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit (HQ_{100})
  - ➔ Hochwasserabfluss eines Gewässers, der im statistischen Mittel alle 100 Jahre eintritt.
- Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse (HQ_{extrem})
  - ➔ Hochwasserabfluss eines Gewässers, der im statistischen Mittel alle 1000 Jahre eintritt.

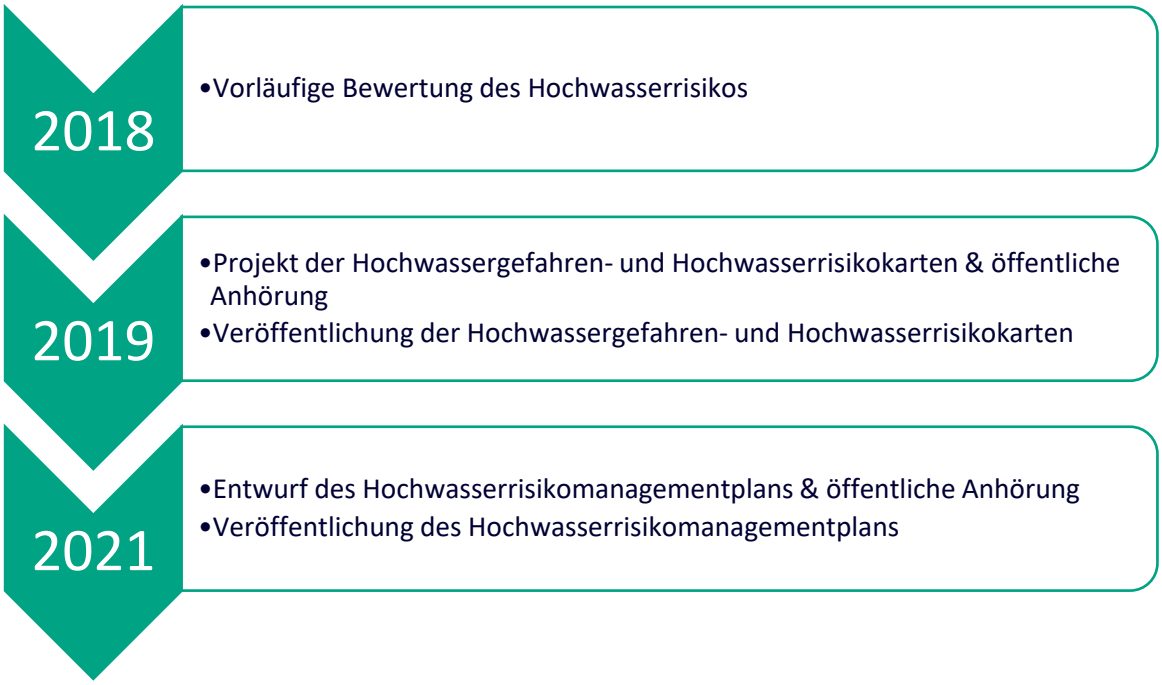
Diese Szenarien werden in Luxemburg nur auf das Flusshochwasser angewendet.

Die Gefahren, die von Starkregenereignissen ausgehen, werden aktuell nicht als signifikantes, sondern als allgemeines Risiko eingestuft. In Kapitel 6.12 wird auf die Integration der Sturzfluten in das Hochwasserrisikomanagement von Luxemburg eingegangen. Auch Überschwemmungen aus Abwassersystemen werden nicht als signifikant eingestuft. Somit gilt für Luxemburg als signifikantes Hochwasser nur das Flusshochwasser.

1.2 Zeitplan und Etappen der Umsetzung der HWRM-RL

Wie erwähnt geschieht die Umsetzung der Richtlinie in Zyklen von 6 Jahren. Der erste Zyklus fand in den Jahren 2009-2015 statt und endete mit der Veröffentlichung des ersten Hochwasserrisikomanagementplans, kurz HWRM-Plan, am 21. Dezember 2015.

Mit der Veröffentlichung des ersten HWRM-Plans hat der zweite Zyklus begonnen, welcher die Überprüfung und Neubewertung, beziehungsweise die Überarbeitung der Erkenntnisse aus dem ersten Zyklus als Aufgabe hat. Dies bedeutet, dass alle Schritte aus dem ersten Zyklus wiederholt und bewertet werden, um anschließend eventuelle Anpassungen durchzuführen. Folgende Grafik gibt einen Überblick über den vorgegebenen Zeitplan der Umsetzung:



Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos

Die „vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos“ wurde im Jahr 2018 durchgeführt.

Die Untersuchung des Hochwasserrisikos wurde gemäß den Angaben des Artikels 4 der HWRM-RL und in Anlehnung an die Methodik der LAWA nach den „Empfehlungen für die Überprüfung der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos und der Risikogebiete nach EUHWRM-RL“ erstellt.

Hier wurden alle Schutzgüter, welche sich innerhalb von Überschwemmungszonen befinden, aufgenommen. Die Schutzgüter wurden in vier Klassen unterteilt, Personen und Sachschäden, Umwelt, Wirtschaft und Kulturobjekte. Dies in Anlehnung an das Ziel der HWRM-RL; die Verringerung des Risikos hochwasserbedingter nachteiliger Folgen insbesondere auf die menschliche Gesundheit und das menschliche Leben, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und die Infrastrukturen.

Anschließend wurden auf der Grundlage der Erkenntnisse Risikogebiete beziehungsweise Risikogewässer ausgewiesen. Ein Gewässer wird als Risikogewässer ausgewiesen, wenn das Risiko als signifikant eingestuft werden kann. Hierfür bedarf es eines Signifikanzkriteriums. Wird dieses überschritten, erfolgt die Ausweisung als Gebiet mit potenzielpotenziellem signifikantem Hochwasserrisiko nach Artikel 5 der HWRM-RL.

Auf die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos wird in Kapitel 4.1 näher eingegangen

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten

Der Erstellung der Karten geschah nach Artikel 6 der HWRM-RL. Hierbei sollen für die ausgewiesenen Risikogewässer die Überschwemmungen der drei Szenarien; Hochwasser mit niedriger, mittlerer und hoher Wahrscheinlichkeit, in Hochwassergefahrenkarten (kurz: HWGK) dargestellt werden. Angegeben werden sollen das Ausmaß der Überflutung sowie die Wassertiefen. Des Weiteren sollen Hochwasserrisikokarten (kurz: HWRK) erstellt werden, die potenzielle hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen der drei Szenarien aufzeigen. Dies geschah anhand der Angabe der potenziell betroffenen Einwohner (Orientierungswert), der Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet, der Anlagen, die im Falle der Überflutung unbeabsichtigte Umweltverschmutzungen verursachen könnten und potenziell betroffene Schutzgebiete.

Die Aktualisierung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten geschah in zwei Etappen. Zuerst wurde das Projekt der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten erarbeitet und veröffentlicht. Anhand dieses Projektes fand eine öffentliche Anhörung statt. Private Bürger hatten 3, Gemeinden 4 Monate Zeit, zu den Karten und den dargestellten Überschwemmungsflächen Stellung zu nehmen. Die Stellungnahmen wurden von der AGE geprüft und die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, falls nötig, angepasst. Anschließend wurden die Karten fertiggestellt, veröffentlicht und per großherzoglicher Verordnung gesetzlich festgesetzt. Einzelheiten zu der öffentlichen Anhörung und der Überarbeitung des Projektes folgen in Kapitel 4.2.

Hochwasserrisikomanagementplan

Gemäß Artikel 7 der HWRM-RL sind die Mitgliedstaaten verpflichtet, für die Flussgebietseinheiten Hochwasserrisikomanagementpläne zu erstellen. Luxemburg ist Bestandteil der beiden internationalen Flussgebietseinheiten Rhein und Maas. Da der luxemburgische Anteil am Maas-Gebiet relativ klein ist wird nur ein HWRM-Plan für beide zusammen erstellt. Das Hochwasserrisiko wird in beiden Gebieten gleichbehandelt.

Die Richtlinie gibt ebenfalls die Bestandteile der HWRM-Plan vor. So sollen für die Risikogebiete nach Artikel 5 konkrete und angemessene Ziele des HWRM festgelegt werden. Hierbei sollen die Schwerpunkte auf der Verringerung potenzieller hochwasserbedingter nachteiliger Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten und nicht-baulichen Maßnahmen der Hochwasservorsorge und/oder eine Verminderung der Hochwasserwahrscheinlichkeit liegen. Um diese Ziele zu erreichen, müssen Maßnahmen definiert werden.

Insgesamt sollen bei der Erstellung der HWRM-Plan relevante Aspekte wie Kosten und Nutzen, Ausdehnung der Überschwemmung und Hochwasserabflusswege, Gebiete mit dem Potenzial zur Retention von Hochwasser, wie z. B. natürliche Überschwemmungsgebiete und die Wasserrahmenrichtlinie (2000/60/EG) berücksichtigt werden.

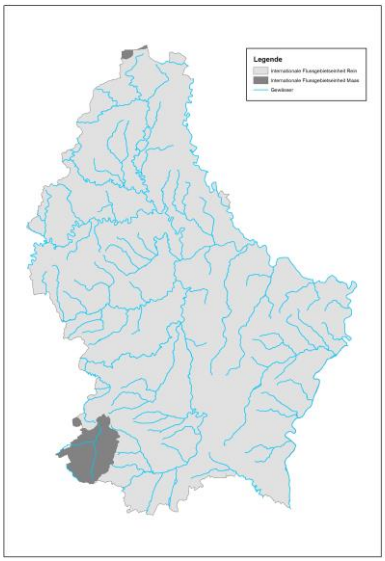


Abbildung 4: Anteile Luxemburgs an den internationalen Flussgebietseinheiten Rhein und Maas

Der HWRM-Plan erfasst dabei alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements, wobei der Schwerpunkt auf Vermeidung, Schutz und Vorsorge, einschließlich Hochwasservorhersagen und Frühwarnsystemen, liegt.

Bezüglich der Weiterführung des Managementplans, beschreibt der Anhang B der HWRM-RL, welche Bestandteile berücksichtigt werden müssen:

- Alle Änderungen oder Aktualisierungen seit Veröffentlichung der letzten Fassung des Hochwasserrisikomanagementplans;
- Zusammenfassung der durchgeführten Überprüfungen hinsichtlich der „vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos“ und der „Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten“;
- Bewertung der Fortschritte im Hinblick auf die Erreichung der Ziele des ersten Zyklus;
- Überprüfung des Fortschrittes bei der Umsetzung des Maßnahmenkataloges;
- Beschreibung der zusätzlichen Maßnahmen.

Mit der Veröffentlichung des zweiten HWRM-Planes endet der zweite Zyklus und der dritte beginnt.

1.3 Zuständige Behörden

Zuständige Behörde für die Umsetzung der HWRM-RL bzw. der sich daraus ergebenden Anforderungen des luxemburgischen Wassergesetztes ist das Ministerium für Umwelt, Klima und Nachhaltige Entwicklung, vertreten durch die luxemburgische Wasserwirtschaftsverwaltung.

Ministère de l’Environnement, du Climat et du Développement durable 4, Place de l’Europe L-1499 Luxembourg	Tel. : (+352) 247-86824 Mail : info@environnement.public.lu
Administration de la gestion de l'eau 1, avenue du Rock'n'Roll L-4361 Esch-sur-Alzette	Tel. : (+352) 24 556 – 1 Mail : info@eau.etat.lu

1.4 Information und Beteiligung der Öffentlichkeit

Artikel 10 der HWRM-RL fordert die EU-Mitgliedstaaten auf, die aktive Beteiligung aller interessierten Stellen bei der Umsetzung der Richtlinie zu fördern. Dies gilt vor allem bei der Erstellung, Überprüfung und Aktualisierung der Bewirtschaftungspläne. Hierfür ermöglichen die Mitgliedstaaten der Öffentlichkeit Zugang zu den Hochwasserrisikomanagementplänen.

Darüber hinaus sieht die HWRM-RL eine Anhörung der Öffentlichkeit vor. Solch eine verstärkte Einbindung der Öffentlichkeit in die Entscheidungsprozesse ermöglicht eine bessere Sensibilisierung der Öffentlichkeit für das Hochwasserrisikomanagement und führt bei den Betroffenen zu einer höheren Akzeptanz der Maßnahmenplanungen. Zudem wird der gesamte Planungsprozess transparenter, wodurch potenzielle Konflikte vermieden werden können. Darüber hinaus kann die Öffentlichkeitsbeteiligung zu innovativen Maßnahmen und Lösungsvorschlägen führen.

Artikel 56 des luxemburgischen Wassergesetztes setzt die Modalitäten dieser Anhörung fest. So beträgt die Anhörungszeit für Privatpersonen 3 und für Gemeinden 4 Monate.

Die Erarbeitung des HWRM-Plans erforderte eine aktive Beteiligung der interessierten Stellen. Diese sind, neben der für die Aufstellung und Umsetzung des HWRM-Plans zuständigen Wasserwirtschaftsverwaltung:

- Landwirtschaftsverwaltung (Administration des services techniques de l'agriculture ASTA),

- Natur- und Forstverwaltung (Administration de la nature et des forêts ANF),

- Rettungsdienstverwaltung (Corps Grand-Ducal Incendie et Secours CGDIS)

- sowie die kommunalen Gebietskörperschaften, vertreten in Hochwasserpartnerschaften (näher beschrieben im Kapitel 6.7).

Die Steuerung der Planerstellung erfolgt durch die zuständige Stelle der Wasserwirtschaftsverwaltung. Für die Beteiligung der interessierten Stellen wurden eigens Informations- und Diskussionstermine eingerichtet.

2 Beschreibung des Flussgebietes

2.1 Die Gewässer in Luxemburg

Das Spektrum der Fließgewässer in Luxemburg reicht von kleinen Wiesen- und Gebirgsbächen über Flüsse verschiedenster Ausprägung bis zum schiffbaren Strom wie der Mosel. Luxemburg liegt an der Wasserscheide zwischen dem Einzugsgebiet der Maas und dem des Rheins, und bis auf die Mosel sind die meisten Gewässer in Luxemburg daher Oberläufe. Insgesamt hat das Gewässernetz in Luxemburg eine Länge von 4.061 km.

Mit einer Länge von 135 km auf luxemburgischem Territorium ist die Sauer das längste Fließgewässer in Luxemburg. Danach kommen die Alzette (64 km), die Our (52 km), die Clerve (49 km), die Eisch (50 km) und die Mosel (38 km). Fast alle Fließgewässer entwässern letztlich in die Mosel und zählen damit zum Rheineinzugsgebiet. Nur die Korn (Chiers) fließt im Süd-Westen Luxemburgs in das Einzugsgebiet der Maas. Zusätzlich fließt ein kleiner Bach (Fooschtbaach) im äußersten Norden des Landes in Richtung Belgien, wo er in die Ourthe mündet, die bei Lüttich wiederum in die Maas mündet.

Tabelle 1: Hauptfließgewässer in Luxemburg mit Einzugsgebieten > 100 km²

Gewässer	Einzugsgebiet (*) [km²]	Fließlänge in Luxemburg [km]	Pegel	MQ [m³/s]	HQ_{100} [m³/s]
Mosel	12.044	38	Perl (D)	151	
Sauer	4.314	135	Rosport	52,9	1273
Our	679	52	Vianden	9,80	292
Alzette	1.173	64	Ettelbrück	12,0	349
Wiltz	440	33	Kautenbach	5,37	160
Attert	316	31	Bissen	3,86	151
Clerve	233	49	Clervaux	2,15	63,6
Syre	201	33	Mertert	1,92	119
Eisch	176	50	Hunnebour	1,98	67,7
Schwarze Ernz	102	21	Müllerthal	0,722	37,3
Weiße Ernz	101	28	Larochette	0,694	47,7

(*) Die Größe des Einzugsgebietes der aufgelisteten Fließgewässer entspricht nicht unbedingt der Größe des gesamten Einzugsgebietes, sondern der gesamten Größe des Einzugsgebietes bis zur Mündung des betreffenden Fließgewässers auf luxemburgischem Territorium in ein anderes Gewässer beziehungsweise bis zu dessen Übertritt in ein Nachbarland.

Auf der insgesamt 135 km langen deutsch-luxemburgischen Grenze bilden die Grenzgewässer Our, Sauer und Mosel auf rund 128 km die Grenze zwischen Luxemburg und Deutschland. Auf dieser Länge stellen die drei Flüsse ein Kondominium dar, das heißt, dass sie gemeinschaftliches deutsch-luxemburgisches Hoheitsgebiet sind. Die Flüsse gehören somit über ihre gesamte Breite sowohl zum Hoheitsgebiet der Bundesrepublik Deutschland als auch zum Hoheitsgebiet des Großherzogtums Luxemburg. Die Bewirtschaftung dieser Fließgewässer muss somit von den beiden betreffenden Ländern gemeinsam durchgeführt werden. Im Vertrag vom 19. Dezember 1984 über den Verlauf der gemeinsamen Staatsgrenze, welcher zuvor bereits im Aachener Vertrag vom 26. Juni 1816 festgelegt worden war, sind die Detailfragen bezüglich des deutsch-luxemburgischen Grenzverlaufs geregelt.

Ein Großteil der luxemburgischen Bäche und Flüsse hat sich über Jahrhunderte hinweg durch kulturwasserbauliche Maßnahmen und Nutzungen in den Einzugsgebieten von ihrem ursprünglichen natürlichen Zustand entfernt. So weist eine Vielzahl der luxemburgischen Gewässer heutzutage eine deutliche bis sehr starke anthropogene Beeinflussung auf (z. B. durch die Nutzung zur Trinkwasserversorgung, Energiegewinnung, Schifffahrt oder dem Schutz vor Überschwemmungen). Diese Nutzungen führen oftmals zu starken hydromorphologischen Veränderungen. Die Mosel ist von Neuves-Maisons bis Koblenz, wo sie in den Rhein mündet, auf einer Länge von 394 km als Großschifffahrtsstraße ausgebaut und zählt zu den meist befahrenen Wasserstraßen in Europa. Die Mosel wurde in Luxemburg in den 60er Jahren zur Schifffahrtsstraße ausgebaut

und wird durch die Stauhaltungen Apach-Schengen, Stadtbredimus-Palzem, Grevenmacher-Wellen und Trier geprägt und so weit eingestaut, dass keine gefällbedingten Fließstrecken mehr erhalten geblieben sind.

Aufgrund der geringen Landesfläche hat Luxemburg verhältnismäßig viele Gewässer, welche entweder ihren Ursprung in einem Nachbarland haben oder in eines weiterfließen. Auch gibt es Gewässer, die an den Landesgrenzen entlangverlaufen. An diesen Gewässern gilt es das Hochwasserrisiko sowie Hochwasserschutzprojekte mit den Nachbarländern abzustimmen. Die nachstehend aufgelisteten Oberflächenwasserkörper, die alle zur internationalen Flussgebietseinheit Rhein gehören, sind auch Gegenstand einer internationalen Koordinierung auf Ebene der Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS).

Tabelle 2: Auflistung der luxemburgischen Gewässer, in die ein Zufluss aus einem Nachbarstaat erfolgt oder die ein Grenzgewässer mit einem Nachbarstaat bilden

Name OWK	Nachbarland	Verhältnis
Mosel	Deutschland und Frankreich	Grenzgewässer – Kondominium Einlauf
Gander	Frankreich	Grenzgewässer und Auslauf
Sauer	Deutschland	Grenzgewässer – Kondominium
Beiwenerbaach	Belgien	Einlauf
Sauer	Belgien	Einlauf und Grenzgewässer
Syrbaach	Belgien	Einlauf und Grenzgewässer
Wiltz	Belgien	Einlauf
Wemperbaach	Belgien	Einlauf und Grenzgewässer
Trëtterbaach	Belgien	Einlauf
Our	Deutschland	Grenzgewässer – Kondominium
Our	Deutschland	Grenzgewässer – Kondominium
Our	Deutschland und Belgien	Grenzgewässer – Kondominium Einlauf
Schibech	Belgien	Einlauf, Grenzgewässer und Auslauf
Alzette	Frankreich	Einlauf
Didelengerbaach	Frankreich	Einlauf
Kälbaach	Frankreich	Einlauf
Attert	Belgien	Einlauf
Pall	Belgien	Einlauf
Eisch	Belgien	Einlauf und Grenzgewässer
Réierbaach	Frankreich	Einlauf, Grenzgewässer und Auslauf
Noutemerbach	Belgien	Einlauf und Auslauf
Chiers	Belgien	Einlauf und Auslauf

Der größte Stausee Luxemburgs ist der Obersauer Stausee mit einer Gesamtfläche von 380 ha. Durch eine 47 Meter hohe Mauer wird das Wasser der Sauer aufgestaut, sodass sich im engen Flusstal ein Stausee gebildet hat, welcher sich, einschließlich seiner Vorsperre, über 20 Kilometer von Pont Misère bis Esch/Sauer erstreckt. Der Obersauer-Stausee dient nicht nur der Trinkwasserversorgung (siehe Kapitel 4.1), sondern ebenfalls der Energiegewinnung, dem Hochwasserschutz und dem Niedrigwasserausgleich sowie der Freizeitgestaltung. Weiterhin ist der 8 km lange Stausee Vianden an der Our von Bedeutung, welcher zur Stromerzeugung genutzt wird.

2.2 Charakteristik der Naturräume Ösling und Gutland

Der Charakter der Bäche und Flüsse wird zum großen Teil durch die geologisch-pedologisch und naturräumlichen Rahmenbedingungen geprägt, die auch die Besiedlung und wirtschaftliche Nutzung, und damit weitere entscheidende Faktoren auf die Gewässer, stark beeinflussen. Die vielfältige Landesnatur in Luxemburg spiegelt sich in den beiden großen Naturräumen des Landes Ösling und Gutland wieder, deren Grenze am südlichen Ardennenhang verläuft, etwa auf der Linie Vianden-Ettelbrück-Redange.

2.2.1 Ösling

Der gesamte nördliche Landesteil des Großherzogtums Luxemburg (ca. 32%) wird vom Ösling gebildet, das dem Eifel-Ardennen-Mittelgebirgsblock, der Teil des rheinischen Schiefergebirges ist, angehört. Das Ösling bildet eine Hochebene mit einer mittleren Höhe von etwa 450 m ü. NN. Der höchste Punkt des Landes ist der „Kneiff“, ein Hügel zwischen Huldingen und Wemperhardt, mit einer Höhe von 560 m ü. NN. Die Hochfläche wird durch ein dichtes Netz von tiefen Fluss- und Bachtälern zerschnitten, die das Ösling in einzelne Riedel aufteilen.

Petrografisch ist das gesamte Ösling von Schiefergesteinen, Sandsteinen und Quarziten des Devons geprägt. Entsprechend dem devonischen Ausgangsgestein haben sich nährstoffarme Böden, sogenannte Bleicherden, entwickelt. Diese mehr oder weniger flachgründigen Böden sind von steinig-lehmiger Natur und neigen auf den Hochflächen (Lehmböden) bei Wasserüberschuss zu Staunässe (Fennbildung). Mit Niederschlägen von um die 900 mm pro Jahr und verglichen mit dem Gutland etwas niedrigeren Jahresdurchschnittstemperaturen besitzt das Ösling ein insgesamt feuchteres und kühleres Klima als das Gutland. Im Ösling steigen die Wasserstände der Gewässer in Folge eines Niederschlags auch schnell an, fallen jedoch nur langsam, insbesondere nach langanhaltenden Niederschlägen. Dies liegt vor allem auch an dem gering durchlässigen Grundgestein und der ausprägten Topografie, was einen lateral verzögerten Abfluss begünstigt. Diese Gegebenheiten favorisieren dann auch äußerst geringe Niedrigwasserabflüsse in trockeneren Perioden, bis hin zum Trockenfallen kleinerer Gewässerläufe.

Diese naturräumlichen Gegebenheiten (Relief, Geologie und Bodenformen) schränken den Ackerbau stark ein. Die Hänge der vielfach sehr steilen Kerb- und Mäandertäler sind überwiegend mit Wald bedeckt, die etwas breiteren Talsohlen der größeren Gewässer sind traditionelle Wiesen- und Weidestandorte.

Die Schiefer, Quarzsandsteine und Quarzite des Öslings sind generell durch eine sehr geringe Wasserdurchlässigkeit gekennzeichnet. Im Gestein auftretende Klüfte sind in den kompakten Tonschiefern in der Tiefe geschlossen, die Quarzite und Quarzsandsteine zeigen nur in geringen Tiefen eine zur Wasserzirkulation ausreichende Klüftung. Einen wirtschaftlich nutzbaren Grundwasserleiter (Nutzung > 10m^3 /Tag) bilden die Quarzite von Berlé, die von tonigen Schichten unterlagert sind. Alle anderen Schichtenstufen des Öslinger Unterdevon enthalten nur isolierte, lokal beschränkte, nicht wirtschaftlich nutzbare Grundwasserreserven. Die in den alluvialen Böden der Täler vorkommenden Quellen neigen zum Versumpfen oder trocknen in der Sommerzeit periodisch aus.

2.2.2 Gutland

Das Gutland stellt eine durch Verwerfungen und tektonische Brüche heterogen geformte Schichtstufenlandschaft dar, die etwa 68 % der Landesfläche einnimmt. Als Ausläufer des Pariser Beckens unterscheidet es sich sowohl äußerlich durch das Relief der Landschaft als auch anhand der natürlichen Rahmenbedingungen, insbesondere den geologisch-petrografischen Verhältnissen, grundlegend vom Ösling. Das Gutland zeichnet sich durch den Wechsel von harten, widerständigen und weicheren sowie erosionsanfälligen Schichten aus. Das Resultat dieses geologischen Aufbaus ist eine wellige Schichtstufenlandschaft mit einer mittleren Höhe von 300 m, aus der einige markante Bergkuppen, Schichtstufen und Zeugenberge (z. B. Schoffiels, Helperknapp, Widdebierg) um 100 m herausragen.

Die Schichten umfassen die geologischen Formationen Trias und Jura. Die Vegetation wechselt zwischen Wald auf den Stufenstirnen, dem Plateau des Luxemburger Sandsteins und den Talhängen der Kerbtäler sowie Weide- und Ackerland auf den Stufenflächen. Die Landnutzung bzw. das Vegetationsbild zeichnet somit die geologischen Formationen nach.

Die triassischen Schichten (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) finden sich hauptsächlich im nördlichen sowie östlichen Teil des Gutlandes. Sie liefern die verschiedensten Bodentypen, angefangen bei ziemlich leichten Buntsandsteinböden im Öslinger Vorland bis hin zu den schweren, austrocknenden Tonböden des Keupers sowie kalkhaltigen Böden des Muschelkalks im Vorland der Mosel. Die grundlegenden Unterschiede bei der Gesteinszusammensetzung und deren häufiger Wechsel wirken sich unmittelbar auf die Fließgewässertypen aus.

Der Jura ist in Luxemburg durch den Lias und den Dogger vertreten. Die Doggerformation schließt im Süden des Landes das Gutland nach Frankreich und Belgien ab. Die westlichen Teilgebiete der Dogger-Region zählen zu den regenreichsten Gegenden Luxemburgs.

Die Liasformation ist keineswegs einheitlich, sondern an vielen Stellen (zu 50 %) wird der Sandstein von Lößlehm (auf Plateaus), Tonen und Kalkmergeln (in Ebenen) überlagert. Die hohen Tongehalte der Liastone und -mergel

führen zu schweren und wasserstauenden Böden, während die eher sandigen Böden sehr wasserdurchlässig und weniger fruchtbar sind.

Im Gutland unterliegen die Gewässer größeren Abflussschwankungen. In Folge von Niederschlagsereignissen kommt es an den Gewässern im Gutland zu schnellen Anstiegen, aber auch schnellem Abfallen der Abflüsse. Dies kann zum einen an der Bodenart, aber zum Großteil an der starken anthropogenen Überprägung liegen (Versieglung). Die hohe Besiedlungsdichte und die gebietsweise sehr intensive Landwirtschaft (v. a. Viehhaltung) haben im Gutland teilweise hohe organische und nährstoffliche Belastungen zur Folge.

Das Gutland bietet aufgrund seiner Mannigfaltigkeit an unterschiedlichen Gesteinsausbildungen und deren charakteristischer Anordnung besonders günstige Voraussetzungen für das Vorhandensein nennenswerter grundwasserführender Schichten. Im Gutland ist somit eine gewisse Anzahl verschiedener, bewirtschaftbarer Grundwasserleiter wie z. B. der Buntsandsein, der Muschelkalk oder der Luxemburger Sandstein, vorhanden. Diese Grundwasserleiter sind aufgrund von geologischen Kriterien in Grundwasserkörper eingeteilt worden.

2.3 Klimatische Verhältnisse

Das Klima Luxemburgs gehört zum feucht-gemäßigten, ozeanischen Klima, in dem sich kontinentale Einflüsse bemerkbar machen. Zu den Kennzeichen des ozeanischen Klimas gehören unter anderem die relativ kurze Dauer der Sonneneinstrahlung mit gemäßigten mittleren Jahrestemperaturen, eine hohe relative Luftfeuchtigkeit sowie überwiegend aus westlicher Richtung kommende Winde. Der kontinentale Einfluss macht sich mit häufigen Winden aus Nord oder Nordost bemerkbar. Insgesamt ergibt sich ein wechselhaftes Klima mit vier verschiedenen Jahreszeiten, das aber von Jahr zu Jahr unterschiedlich ausgeprägt sein kann.

Die durchschnittliche jährliche Niederschlagsmenge in Luxemburg liegt bei etwa 897 mm (1981-2010), wobei der Westen mit Werten bis zu 950 mm pro Jahr in der Regel die meisten Niederschläge erhält. Im zentralen Teil des Gutlandes liegt die Jahresmenge des Niederschlags bei rund 800 mm und das Ösling liegt insgesamt durchweg um die 900 mm. Der Osten des Landes ist mit unter 800 mm eher regenarm, insbesondere das Moseltal, wo der Niederschlagswert stellenweise unter 700 mm pro Jahr liegen kann. Mit 160 bis 190 Tagen liegt im Gutland eine relativ lange Vegetationsperiode vor, wohingegen diese im Ösling anhand einer höheren Anzahl an Frosttagen (über 100 Tage) und einer länger anhaltenden Schneedecke im Winter kürzer ist. Rechnet man die mittlere jährliche Niederschlagsmenge von 897 mm auf die Fläche um, so fallen pro Jahr etwa 2,32 Milliarden m^3 Wasser auf dem Territorium Luxemburgs nieder.

Neben den geografischen Unterschieden in der Verteilung der Niederschlagshöhen treten auch saisonale bzw. jährliche Schwankungen auf. So war, nach den Aufzeichnungen von Meteolux, im Zeitraum 1981-2010 an der Station Findel der April der regenärmste und der Oktober zusammen mit dem Dezember der regenreichste Monat. In einzelnen Jahren kann es jedoch mehr oder weniger deutliche Abweichungen geben. In den letzten Jahren haben sich insbesondere im Sommerhalbjahr deutliche Niederschlagsdefizite gezeigt. So ergab sich im Sommer eine Unterschreitung von ca. 40 % gegenüber dem langjährigen Mittel, im Herbst 2018 sogar um ca. 64 %. Ein Niederschlagsdefizit zeigte sich auch im Sommer 2019 mit einer Unterschreitung von ca. 46 %, im Frühjahr 2020 mit ca. 41 % und im Sommer 2020 mit ca. 43 %.

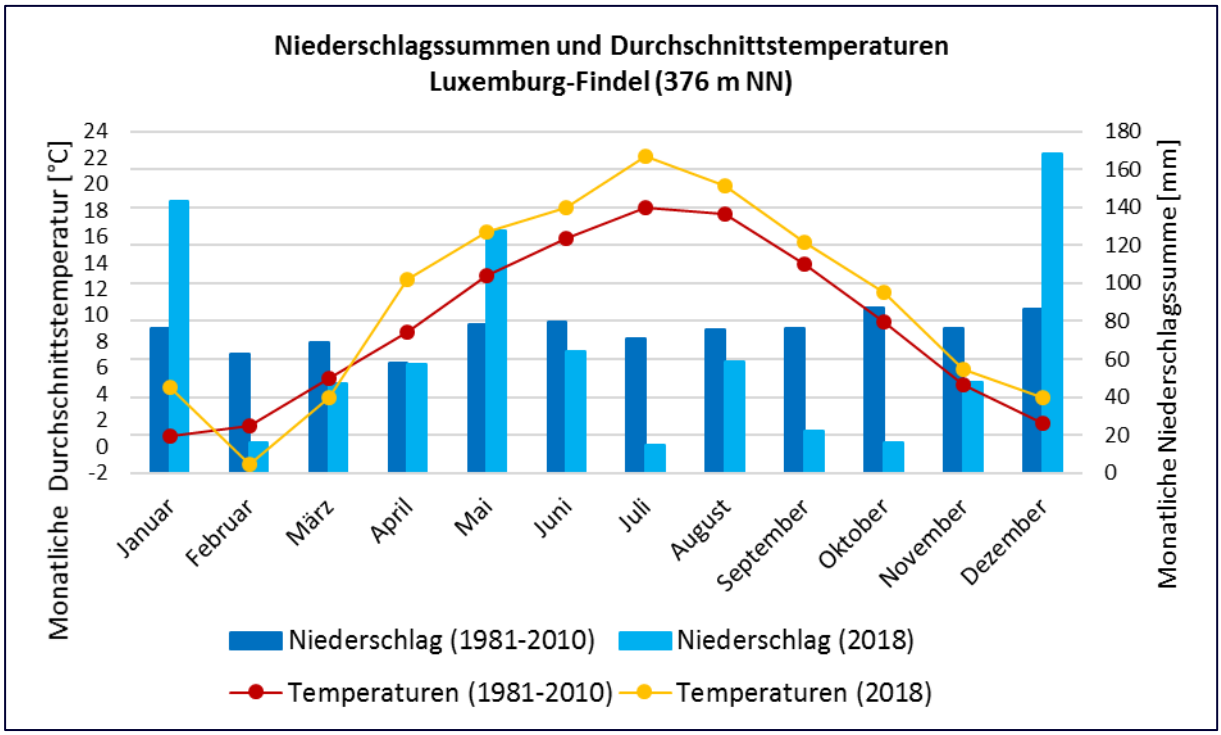


Abbildung 5: Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen 2018 Luxemburg-Findel (376 m NN) (Quelle: meteolux)

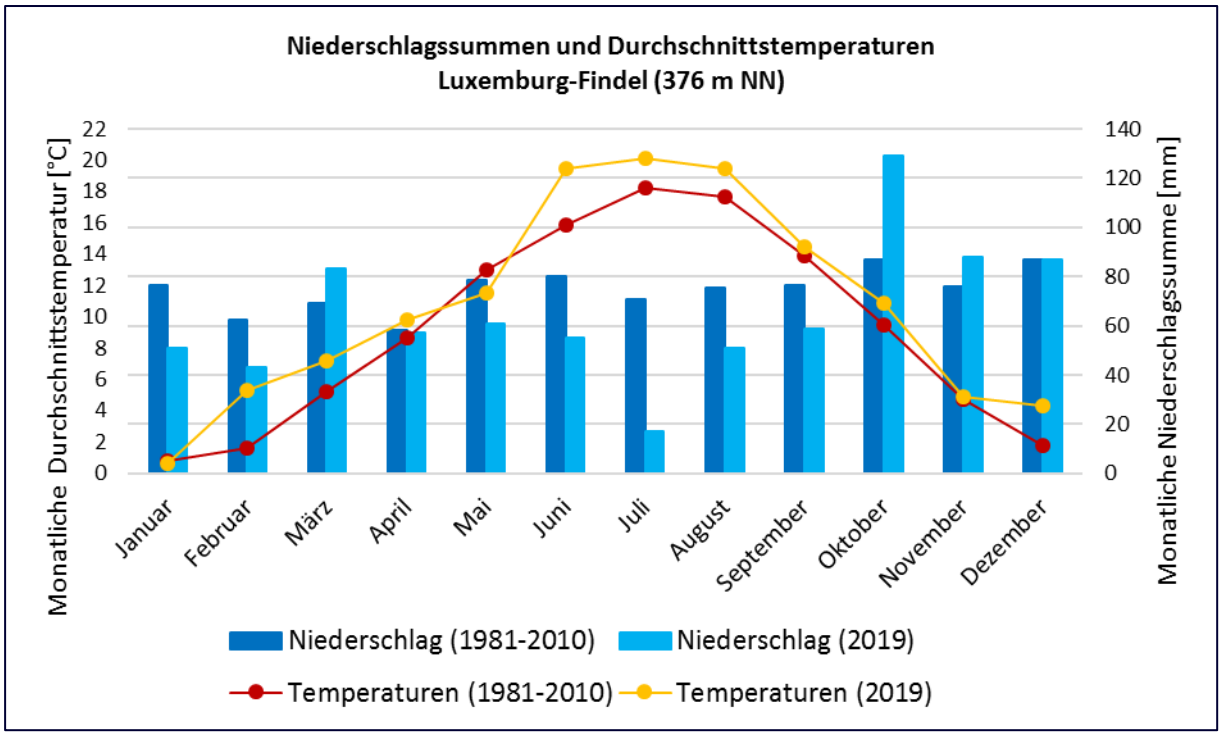


Abbildung 6: Niederschlagssummen und Durchschnittstemperaturen 2019 Luxemburg-Findel (376 m NN) (Quelle: meteolux)

Die saisonale Verteilung der Niederschläge und die jahreszeitlichen Schwankungen der Temperatur haben über die Dauer der Vegetationsperiode und die Evapotranspiration Einfluss auf die Grundwasserneubildung. Diese findet üblicherweise im hydrologischen Winterhalbjahr (Oktober/November bis März/April) statt. Während dieser Zeit ist die Evapotranspiration aufgrund der niedrigeren Lufttemperaturen, aber vor allem wegen der reduzierten Vegetationsaktivität geringer, sodass die Niederschläge fast vollständig infiltrieren und zur Grundwasserneubildung beitragen können. In dieser Zeit wird aber auch die Bildung von schnellem Abfluss begünstigt. Aufgrund des Einflusses der Vegetation und der höheren Temperaturen dringt von den Niederschlägen im hydrologischen Sommerhalbjahr wenig in tiefere Bodenschichten, sodass während dieser Zeit

kaum bis gar kein Grundwasser neu gebildet wird. Für die Grundwasserneubildung ist ein trockenes hydrologisches Winterhalbjahr demnach deutlich ungünstiger als ein trockenes hydrologisches Sommerhalbjahr.

Die in den letzten Jahren beobachtete Verschiebung der Niederschlagsperioden ist eine mögliche Folge eines bevorstehenden oder sich bereits vollziehenden weltweiten Klimawandels. Während in Zukunft mit einer Abnahme der Niederschläge im Sommer zu rechnen ist, werden die Niederschläge in den Wintermonaten zunehmen. Es ist jedoch auch von einer Zunahme von Starkregenereignissen auszugehen, vor allem während der Sommermonate. Zudem wird der Winterniederschlag wohl vermehrt als Regen und weniger als Schnee fallen, wodurch das Risiko für Hochwasser durch Starkregenereignisse besonders in den Wintermonaten und im Frühjahr steigen wird.

Die jährliche Durchschnittstemperatur beträgt in Luxemburg ca. 9°C. Im Gutland liegen die Temperaturen im Durchschnitt zwischen 8 und 9,5 °C., wohingegen im Ösling im Durchschnitt etwas niedrigere Jahrestemperaturen (7-8,5 °C) herrschen.

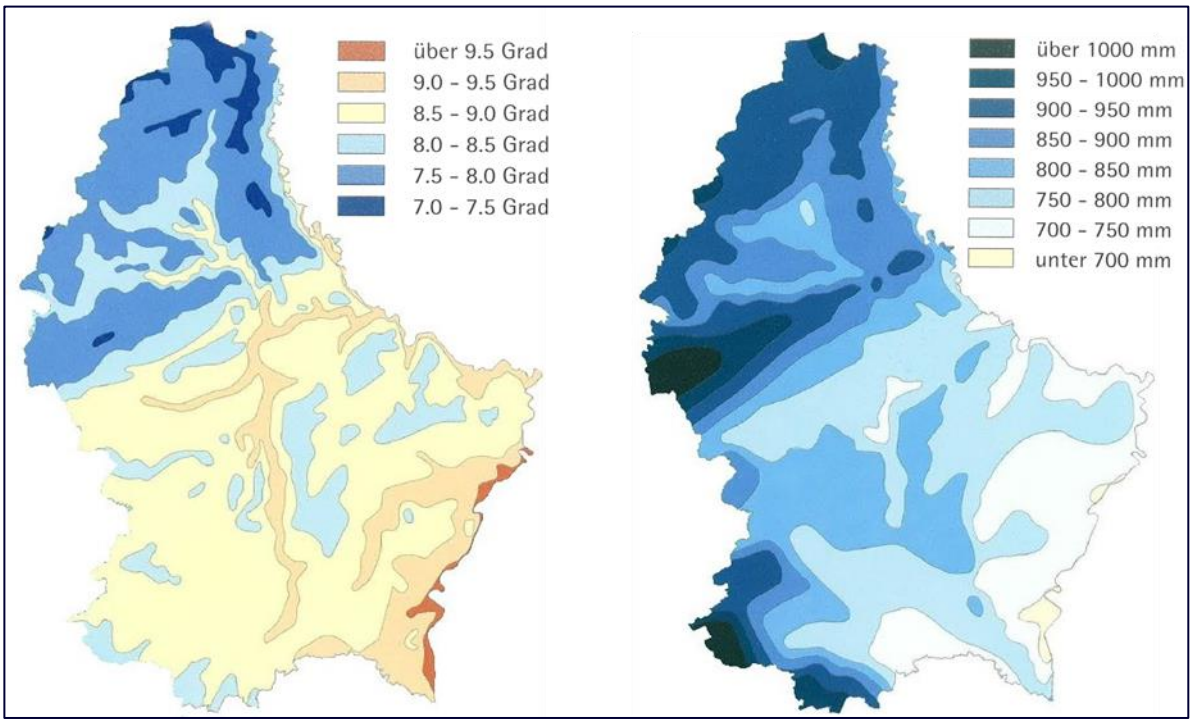


Abbildung 7: Jahresdurchschnittstemperaturen (links) und mittlere Jahresniederschläge (rechts) in Luxemburg (Abbildung ohne Maßstab)

2.4 Hydrologische Verhältnisse

Das Großherzogtum Luxemburg ist durch verschiedene gewässerspezifische und für die Zustandsbeschreibung relevante Faktoren gekennzeichnet. Diese sind einerseits geografisch und geologisch gegeben und andererseits auf menschliche Aktivitäten zurückzuführen.

Zu den geograffischen Besonderheiten in Luxemburg zählt der Umstand, dass die Rhein-Maas-Wasserscheide für Oberflächengewässer durch das relativ kleine Territorium des Landes verläuft. Dieser Umstand bringt mit sich, dass hydrologisch gesehen, Luxemburg durch viele kleine, reaktive Einzugsgebiete charakterisiert ist, in denen die Gewässer nicht nur im Mittel geringere Abflussmengen aufzeigen, sondern auch starken saisonalen Schwankungen unterliegen. Die Abflussregime aller erfassten Gewässer in Luxemburg sind pluvial geprägt mit einem Abflussmaximum im Winterhalbjahr.

Die Wasserstände werden kontinuierlich an 40 Pegeln der Wasserwirtschaftsverwaltung gemessen. Daneben betreibt das luxemburgische Forschungsinstitut Luxembourg Institute of Science and Technology (LIST) 26 Pegel, insbesondere an kleineren Gewässern. So kann ein Großteil der Gewässer Luxemburgs erfasst werden. Daneben wird an 25 Stationen der Wasserwirtschaftsverwaltung die Wassertemperatur direkt im Gewässer gemessen. Teils langjährige historische Zeitreihen von Wasserstand und Wassertemperatur aus den Aufzeichnungen von Pegelbeobachtern liegen ebenfalls vor und ergänzen die Aufzeichnungen der gemessenen Daten. Zusätzlich

werden an 15 Messstellen der Wasserwirtschaftsverwaltung und an 5 Messstellen des LIST die alluvialen Grundwasserstände und teils auch die Temperatur des alluvialen Grundwassers der Alzette gemessen.

Die geografische Zweiteilung des Landes aufgrund der unterschiedlichen geologischen Verhältnisse führt zu einem unterschiedlichen Abflussverhalten insbesondere während Niedrigwasserperioden oder beim Ablauf einer Hochwasserwelle. So können im Ösling aufgrund der geologischen Bedingungen (Entwässerung oder Trockenfallen der oberflächennahen Verwitterungszone), insbesondere bei kleineren Gewässerläufen, während Trockenperioden die Abflüsse bei Niedrigwasser äußert gering sein oder diese Gewässer können vollständig trockenfallen. In Regionen mit starken grundwasserführenden Gesteinsschichten, wie beispielsweise dem Luxemburger Sandstein, werden die Gewässer (z. B. Weiße und Schwarze Ernz) auch in Trockenperioden durch einen kontinuierlichen Basisabfluss aus dem Grundwasser gespeist, welcher für eine natürliche Aufhöhung des Abflusses in Trockenperioden sorgt. Insbesondere Entnahmen von Grundwasser könnten bei deren Erhöhung allerdings zu einer Reduzierung des Basisabflusses führen.

Diese regionalen Unterschiede zeigen sich deutlich beim Vergleich der langjährigen Dauerlinien von Pegelstationen aus verschiedenen Einzugsgebieten (siehe Abbildung 8). Während die Dauerlinien der Gewässer im Ösling im unteren Abflussbereich deutlich niedriger fallen als die grundwassergespeisten Gewässer im Luxemburger Sandstein, zeigen die Gewässer im Ösling einen deutlich steileren Verlauf der Dauerlinie im oberen Abflussbereich. Dieses Abflussverhalten verdeutlicht sich insbesondere beim Ablauf von Hochwasserwellen, welche im Gutland stärker dem Niederschlagsverlauf folgen, während sich im Ösling ein merklich langsameres Auslaufen der Gebietsspeicher und ein kontinuierlicheres Abfallen der Ganglinie beobachten lässt.

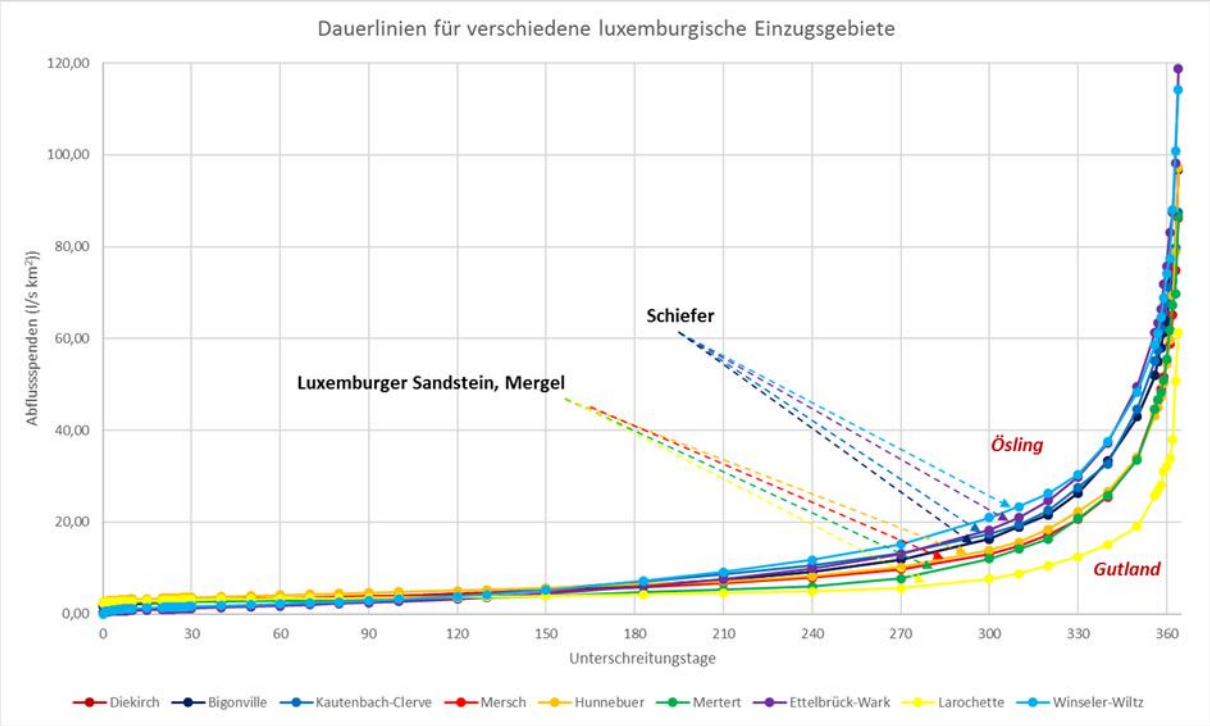


Abbildung 8: Langjährige Dauerlinien der Abflussspenden verschiedener Pegelstationen in unterschiedlichen Naturräumen (Quelle: AGE und LIST)

Die Abbildung 9 und die Abbildung 10 zeigen den gemessenen Abfluss an den Pegelstationen Kautenbach im Einzugsgebiet der Wiltz im Ösling und Hesperange im Einzugsgebiet der oberen Alzette im Gutland in den Jahren 2018 beziehungsweise 2019. Beide Gewässer werden aufgrund des pluvialen Abflussregimes vom Niederschlagsverlauf beeinflusst, es zeigen sich allerdings auch regionale Besonderheiten. So fallen die Abflüsse am Pegel Kautenbach nach einem Anstieg deutlich langsamer wieder ab als in Hesperange. In Hesperange hingegen lassen sich einige markante Abflussspitzen erkennen. Besonders auffallend sind hier die Abflussspitzen infolge von Starkregenereignissen, welche den Einfluss des Niederschlags auf die Ganglinie verdeutlichen, während der Abfluss in Niedrigwasserperioden deutlich verringert ist, insbesondere im Ösling.

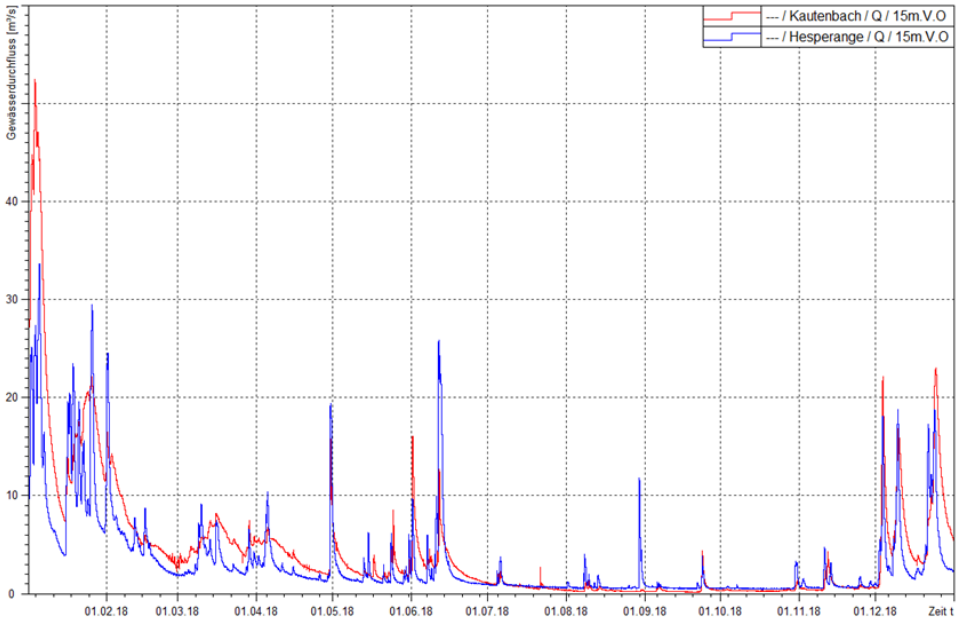


Abbildung 9: Vergleich des gemessenen Abflusses an den Pegelstationen Kautenbach/Wiltz und Hesperange/Alzette im Jahr 2018 (Quelle: AGE)

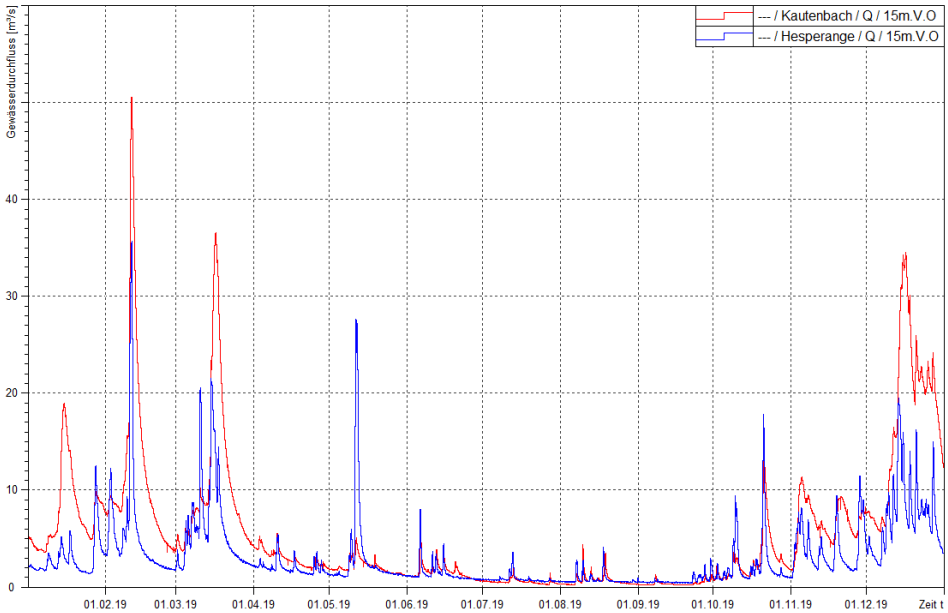


Abbildung 10: Vergleich des gemessenen Abflusses an den Pegelstationen Kautenbach/Wiltz und Hesperange/Alzette im Jahr 2019 (Quelle: AGE)

2.5 Bevölkerung und Siedlung

Die Gesamteinwohnerzahl im Großherzogtum Luxemburg lag am 1. Januar 2020 bei 626.100 Einwohnern bei einer durchschnittlichen Bevölkerungsdichte von 242,1 Einwohnern pro km². In den letzten 30 Jahren ist die Bevölkerung Luxemburgs um mehr als 40 % gestiegen. Lag der Zuwachs bis in die 80er-Jahre bei etwa ±1 % pro Jahr, sind seitdem deutlich höhere Werte zu verzeichnen und so liegt die Zuwachsrate aktuell bei etwa 2 %.

Die Bevölkerungsdichte ist in Luxemburg sehr unterschiedlich und reicht auf der Ebene der Kantone von 55,3 Einwohnern pro km² (Kanton Klerf) bis zu 795,1 Einwohnern pro km² (Kanton Luxemburg) und auf Ebene der Gemeinden von 36,2 (Gemeinde Kiischpelt) bis zu 2.523,9 (Gemeinde Esch/Alzette) Einwohnern pro km². Am dichtesten ist der Süd-Westen des Landes besiedelt, der Norden und Osten sind dünner besiedelt und die Hauptstadt Luxemburg weist die größte Bevölkerungsdichte auf. Im Süden des Landes wohnt der Hauptteil der

Bevölkerung im urbanen bis semi-urbanen Raum. Diese Region ist zusätzlich von einer industriellen Wirtschaftsentwicklung im metallverarbeitenden Gewerbe geprägt.

Luxemburg-Stadt ist mit 122.300 Einwohnern die bevölkerungsreichste Gemeinde Luxemburgs, weitere Gemeinden mit einer Einwohnerzahl von über 10.000 Einwohnern sind:

- Esch/Alzette (36.200)
- Differdingen (27.400)
- Düdelingen (21.300)
- Petingen (19.600)
- Sanem (17.600)
- Hesperange (15.600)
- Bettemburg (11.300)
- Schifflingen (11.300)
- Käerjeng (10.500)

Eine Besonderheit Luxemburgs ist der sehr starke Bevölkerungszuwachs während der regulären Arbeitstage. Rund 200.000 Grenzgänger kommen unter der Woche täglich aus den angrenzenden Regionen der Nachbarländer zum Arbeiten nach Luxemburg und haben so einen wesentlichen Einfluss auf Trinkwasserverbrauch, Abwasserbelastung sowie Straßennutzung. Hinzu kommt noch der beträchtliche alltägliche sowie besonders zu den Ferienzeiten der Nachbarländer registrierte Transitverkehr.

2.6 Flächennutzung

Trotz der stark ausgeprägten Dienstleistungsgesellschaft ist der Druck unter anderem durch verschiedene landwirtschaftliche Praktiken auf die Gewässer erheblich. Regional erhöhter Viehbesatz und eine zum Teil nicht standortgerechte bzw. nicht nachhaltige Anbauweise sind Faktoren, die einen erheblichen Einfluss auf die Qualität der Gewässer haben. Auch der hohe Flächenverbrauch durch Bodenverdichtung und -versiegelung kann negative Auswirkungen auf die Gewässer haben. Im nationalen Plan für nachhaltige Entwicklung wird dieser hohe Flächenverbrauch beispielsweise als eine der grundlegenden Herausforderungen der nachhaltigen Entwicklung definiert (Ziel 6, 11 und 15) und soll bis zum Jahr 2020 auf maximal 1 ha/Tag landesweit begrenzt werden. In Luxemburg stieg der Prozentsatz der Bodenversiegelung von 4,04 % im Jahr 2006 auf 4,26 % im Jahr 2015.

Auf Grundlage der luxemburgischen LandUse-Daten aus dem Jahr 2018 wurden für die luxemburgischen Anteile an den internationalen Flussgebietseinheiten Rhein und Maas sowie für ganz Luxemburg eine Übersicht der dort vorhandenen Flächennutzungen erstellt. Die Ergebnisse sind in der Tabelle 3 dargestellt. Zur Erstellung dieser Übersicht wurden die Parameter des LandUse-Datensatzes in die Landnutzungsklassen Siedlung, Landwirtschaft, Wald, Natürliche Flächen, Gewässer und Transport zusammengefasst. Gemäß dieser Einstufung, sind etwa 35 % der Landesfläche Luxemburgs Waldflächen, während die landwirtschaftlich genutzten Flächen (z.B. Ackerland, Grünland) etwa 50 % der Landesfläche einnehmen. An den Hängen der Mosel wird auf einer Gesamtfläche von ungefähr 1.300 ha Wein angebaut. Siedlungen nehmen ca. 9 % der Landesfläche ein, natürliche Flächen (z.B. Felsen, Schotter, Feuchtgebiete) etwa 2 % und auf den Transport bezogene Flächen (z.B. Verkehrswege, Parkplätze, Zuglinien) etwa 4 %. Gewässer stehen oder fließen auf etwa 0,4 % der Landesfläche. Innerhalb der Flussgebietseinheiten variiert die Flächennutzung mehr oder weniger stark.

Tabelle 3: Flächennutzung in Luxemburg (Datengrundlage: LandUse 2018)

Landnutzungsklasse	EZG Rhein	EZG Maas	Luxemburg
Siedlung	8,35 %	22,12 %	8,7 %
Landwirtschaft	49,85 %	39,43 %	49,6 %
Wald	35,93 %	21,01 %	35,6 %
Natürliche Flächen	1,75 %	5,27 %	1,9 %
Gewässer	0,45 %	0,29 %	0,4 %
Verkehrsinfrastruktur	3,67 %	5,88 %	3,7 %

2.7 Verkehrsinfrastruktur

Das nationale Straßennetz ist insgesamt 2.914 km lang, wovon das Autobahnnetz mit 6 Autobahnen 165 km ausmacht. Dies entspricht einer Autobahndichte von 56,62 km Autobahn pro 1.000 km^2 Landesfläche. Luxemburg ist mit den Autobahnen A6 aus Arlon (Belgien), A1 aus Trier (Deutschland), A13 aus Saarbrücken (Deutschland) sowie A3 aus Metz (Frankreich) kommend ein wichtiger Knotenpunkt für den Fern- und Reiseverkehr.

Aufgrund der geografischen Ausdehnung und Lage der Mosel hat letztere seit jeher eine wichtige Rolle als überregionaler Verkehrsweg innegehabt. Im Jahre 1956 wurde von den Moselanliegerstaaten Frankreich, Luxemburg und Deutschland der „Vertrag über die Schiffbarmachung der Mosel“ unterzeichnet. Seit der Öffnung der Mosel für den Schiffsverkehr ist der Transport größerer Tonnagen (> 1.000 Tonnen) möglich. Durch den Hafen von Mertert, der seinen Betrieb 1965 aufgenommen hat, hat Luxemburg Zugang zu den großen Schifffahrtswegen Europas erlangt. Im Jahr 2019 wurden am Hafen von Mertert 748.000 Tonnen Güter umgeschlagen.

Luxemburg besitzt zudem einen internationalen Flughafen, der 1946 auf dem Findel errichtet wurde. Im Jahr 2019 wurden von dort aus 4,4 Millionen Passagiere befördert, was einen Zuwachs von 9% im Vergleich zu 2018 darstellt. Nachdem im Jahr 2018 ein Rekord von über 957.000 Tonnen beförderter Fracht erreicht wurde, liegt das Cargocenter Luxemburg auf Platz 6 der größten Luftfrachtplattformen in Europa und auf Platz 25 weltweit.

Auch der Bahnhof der Hauptstadt dient als Knotenpunkt im europäischen Bahnnetz. Neben den Verbindungen nach Trier (Deutschland), Nancy (Frankreich), Arlon, Longwy und Gouvy (alle Belgien) gibt es auch Anbindungen nach Basel, Zürich, Amsterdam, Barcelona, Paris und Brüssel. Auch im Bahnverkehr stieg im Jahr 2019 die Zahl der Passagiere stark an. So stieg die Zahl der Reisenden bei der nationalen Eisenbahngesellschaft CFL zwischen 2018 und 2019 um 7,3 % von 23,3 Millionen im Jahr 2018 auf über 25 Millionen im Jahr 2019.

2.8 Gewerbe und Industrie

Die Anfänge der luxemburgischen Industrie, die bis in die Mitte des 19. Jahrhunderts zurückreichen, sind vor allem von der Eisen- und Stahlindustrie geprägt. Diese behielt ihre beherrschende Stellung bis zur Ölkrise von 1973, die zu einer Umgestaltung der luxemburgischen Industrie führte und mit der Entwicklung des tertiären Sektors gleichzeitig die Herausbildung einer Dienstleistungswirtschaft begünstigte. 2002 fusionierte die ARBED (Aciéries réunies de Burbach, Eich, Dudelange – Vereinigte Stahlwerke von Burbach, Eich, Düdelingen) mit den zwei Stahlkonzernen Usinor und Aceralia zu Arcelor, dem weltweit größten Stahlproduzenten. Durch die Fusion zwischen Arcelor und Mittal Steel im Jahr 2006 entstand der ArcelorMittal-Konzern, der im Stahlsektor weltweit auf Platz eins rangiert. Derzeit bestehen noch 7 produzierende Standorte, an denen verschiedene Produkte hergestellt werden (Belval, Differdingen, Rodange, Bissen, Dommeldingen, Centre logistique européen Differdingen, Sotel Esch/Alzette), jedoch längst nicht mehr mit den Produktionszahlen der Vergangenheit.

Die industrielle Diversifizierung gehört zu den ständigen Zielen der Wirtschaftspolitik. Sie begünstigte die Herausbildung anderer Industriesektoren, etwa im Materialbereich (z. B. DuPont de Nemours, Circuit Foil, Euro-Composites) oder im Bereich der Automobilzulieferindustrie (z. B. Goodyear). Der Industriestandort Luxemburg entwickelt sich stetig weiter und so kommen immer neue, zum Teil innovative Zweige hinzu. Ein Beispiel für die Umnutzung von ehemaligen Stahlindustrieflächen bietet der Standort Belval. Um die alten Produktionshallen

entstand ein modernes Viertel mit jedoch einem der Umgebung angepassten Aussehen mit Blick auf die außer Betrieb stehenden Hochöfen, das mit Bürogebäuden, Einkaufszentren, Wohneinheiten und dem neuen Standort der Uni Luxemburg zukunftsorientiert angelegt ist. Ähnliche Projekte in der Planung und Umsetzung gibt es für die ehemaligen Produktionsstandorte Düdelingen und Schifflingen.

2.9 Flussgebietseinheiten in Luxemburg

Die Wasserrahmenrichtlinie hat eine ganzheitliche Betrachtung der Gewässer in der Europäischen Union eingeführt. Die Gewässer werden nun nicht mehr nach administrativen Grenzen, sondern flussgebietsbezogen betrachtet, das heißt von ihrer Quelle bis zur Mündung ins Meer, inklusive aller Zuflüsse, dem zugehörigen Grundwassers, der Übergangsgewässer und Küstengewässer. Gegebenenfalls müssen die Gewässer über Staatsgrenzen hinweg gemeinsam bewirtschaftet werden.

Die nationalen Einzugsgebiete der EU-Mitgliedstaaten werden bestimmten Flussgebietseinheiten zugeordnet. Luxemburg hat Anteile an zwei internationalen Flussgebietseinheiten (IFGE), welche beide grenzüberschreitend sind. Es sind dies die internationale Flussgebietseinheit Rhein und die internationale Flussgebietseinheit Maas). Aufgrund der Größe und der Komplexität der internationalen Flussgebietseinheit Rhein wurde diese in neun, meist internationale, Bearbeitungsgebiete (BAG) eingeteilt, in denen die Fragen, die für das jeweilige Bearbeitungsgebiet von Bedeutung sind, koordiniert wurden bzw. werden. Eines dieser Bearbeitungsgebiete ist das BAG Mosel-Saar, an dem auch Luxemburg beteiligt ist.

Der Anteil Luxemburgs an der Gesamtfläche der internationalen Flussgebietseinheit Rhein (197.270 km^2) beträgt 1,28 % und an der Gesamtfläche der internationalen Flussgebietseinheit Maas (34.564 km^2) 0,22 %.

Tabelle 4: Anteile Luxemburgs an der IFGE Rhein und der IFGE Maas

Internationale Flussgebietseinheit	Fläche der luxemburgischen Anteile an der IFGE (km^2)	Prozentualer Anteil der Landesfläche an der IFGE
Rhein	2.522,22	97,2 %
Maas	75,00	2,8 %
Gesamt	**2.597,22**	**100 %**

3 Historische Hochwasserereignisse

Wichtiger Bestandteil des Hochwasserrisikomanagements ist die Erfassung und Dokumentation von Hochwasserereignissen. Hierbei werden mehrere Informationen zusammengetragen, etwa die meteorologischen Vorbedingungen, die zum Ereignis führten, sowie die maximalen Abflüsse an den Pegeln. Dies dient dazu, einzelne Ereignisse hinsichtlich ihrer Größenordnung einzuschätzen und Kenntnisse über die Hochwasserentstehungsprozesse zu vertiefen. Dies ist unabdingbar, um Defizite im Hochwasserrisikomanagement zu erkennen und bestmögliche Lösungsansätze zu finden

In der folgenden Tabelle die größeren Hochwasserereignisse der letzten Jahre aufgelistet:

Tabelle 5: Größere Überschwemmungsereignisse der letzten Jahre

Hochwasser 1983	Hochwasser Januar 1993	Hochwasser Dezember 1993
Hochwasser Januar 1995	Hochwasser Januar 2003	Hochwasser Januar 2011
Hochwasser Mai 2016	Starkregen 2016	Eishochwasser Januar 2017
Hochwasser Dezember 2017	Hochwasser Januar 2018	Starkregen 2018
Hochwasser Februar 2019	Hochwasser Februar 2020	Hochwasser Juli 2021

Die Hochwasserereignisse bis 2011 wurden im ersten Hochwasserrisikomanagementplan beziehungsweise in separaten Studien beschrieben. Die Fortschreibung des Managementplanes beschränkt sich auf die Beschreibung der Ereignisse seit Fertigstellung des ersten Planes.

Einen Überblick über die Hochwassersituation der letzten Jahre bietet die Tabelle 5. Sie zeigt die höchsten gemessenen Abflüsse pro Jahr an den Pegeln, für die eine statistische Auswertung vorliegt.

Tabelle 6: Übersicht über die höchsten gemessenen Abflüsse pro Jahr an verschiedenen Pegeln [m³/s]

Pegel	Gewässer	EZG [km²]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021*
Hesperange	Alzette	292,3	79,6	40,62	44,47	23,97	21,84	50,33	40,1	33,6	35,7	42,3	
Pfaffenthal	Alzette	360,5	88	53,65	62,01	48,86	37,9	54,6	54	53,6	43,3	75,3	
Mersch	Alzette	707	142	102	96,51	48,29	49,04	75,94	94,4	73,1	85,5	132	
Ettelbruck	Alzette	1.091,9	239	167	151,9	88,14	73,82	104,9	136,4	134,4	178,2	226	
Reichlange	Attert	162,7	62,8	39,58	28,05	25,09	23,6	26,82	34,3	36,8	42	56,5	
Bissen	Attert	291,5	107	61,48	43,88	37,59	36,77	39,2	49,8	51,9	77,9	105	
Dasbourg	Our	450,4	128	72,87	54	52,54	60,7	43,83	44,3	136	60,4	67,5	
Vianden	Our	641,3	169	115,3	75,32	68,76	82,09	66,37	65,5	182,5	98,8	132	
Hunnebour	Eisch	164,2	40,8	30,3	18,4	11	12,3	13,4	20,2	16,6	18,9	28,7	
Bigonville	Sauer	308,4	85	54,34	48,16	38,66	34,07	40,17	39,6	59,4	73,4	63,5	
Michelau	Sauer	946,7	189	127,5	86,95	61,73	61,9	102,3	75,4	125	141	143	
Diekirch	Sauer	2149	343	283,3	216	165,6	146	188,8	205	248	290	309	
Rosport	Sauer	4.231,8	770	571,1	343,2	345,7	296,4	353,4	348	464	607	569	
Mertert	Syre	202	80,5	33,3	41,2	21,2	19,8	46,4	64,8	32,1	32,6	93	
Kautenbach	Wiltz	427,7	88,6	52,6	36,4	25,35	29,98	45,35	33,7	52,4	50,5	53,7	

*Die Daten von 2021 befinden sich noch in der Phase der Validierung.

Tabelle 7: Übersicht über die höchsten gemessenen Wasserstände pro Jahr an der Mosel [m] (Service de la navigation fluviale)

Pegel	Gewässer	EZG [km²]	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Stadtbredimus	Mosel	11.623	6,26	5,95	6,11		4,78	5,96	4,89	6,94		5,62	

Stand: Mai 2021

Legende:

Kein HW	> HQ2	>HQ10	>HQ20	>HQ50	>HQ100

Zu beachten ist, dass die Wasserstände in Stadtbredimus der Jahre 2011 und 2018 die gerechneten Wasserspiegel des MHQ (mittleren Hochwassers) überstiegen. In den Jahren 2014 und 2019 musste der Hochwassermeldedienst an der Mosel nicht aktiv werden.

3.1 Hochwasser Mai 2016

Im Mai 2016 ereignete sich ein Hochwasser, das vor allem den Süden des Landes traf. Grund war eine unstabile Wetterlage, die sich ca. eine Woche über dem Land hielt. Dies bewirkte, dass es immer wieder zu Schauern kam, was die Pegelstände an den Gewässern landesweit stark schwanken ließ. An den größeren Gewässern kam es nicht zu nennenswerten Pegelständen. Lediglich am Pegel Hesperange wurde die Meldehöhe 1 überschritten.

Betroffen waren, vor allem kleinere Gewässer im Süden des Landes sowie die Syre und die Gander. Am 30. Mai 2016 wurden an der Messstation in Livange Niederschlagsmengen von bis zu 55 mm (vergleiche Abbildung 11) gemessen. So kam es unter anderem zu Überschwemmungen in Syren (Syre), Mondorf-les-Bains (Gander), Bettemburg, Friange, Altwies, Niederanven und Hesperange. Allein in Mondorf-les-Bains mussten laut Feuerwehr ungefähr 80 Keller leergepumpt werden.

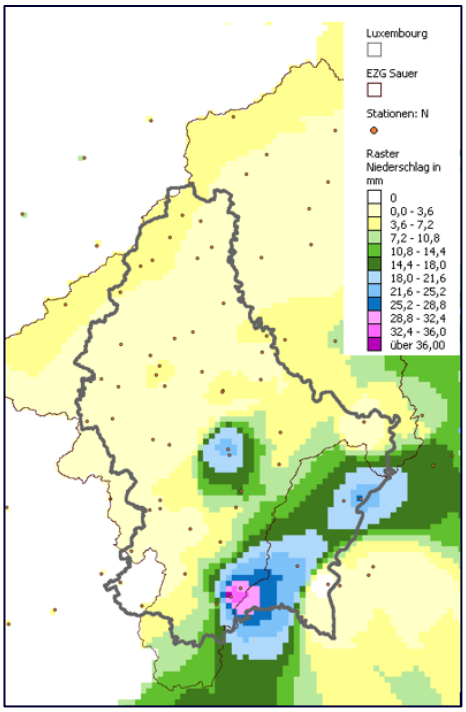


Abbildung 11: Interpolierte Niederschlagsmengen auf Grundlage gemessener Daten vom 30.05.2016 (12:00 - 18:00)

Abbildung 12: Überschwemmungen in Mondorf-les-Bains (rechts) und Frisange (links)

Beim Ereignis waren nicht nur Orteentlang von Gewässern, wie der Gander oder der Syre von Hochwasser betroffen, sondern auch solche, die nicht direkt am Wasser liegen. Somit hatte das Ereignis sowohl den Charakter eines Starkregen- wie auch Flusshochwasserereignisses.

3.2 Starkregenereignis 2016

Am frühen Abend des 22. Juli 2016 wüteten im Nord-Osten Luxemburgs über dem Tal der Weißen Ernz starke konvektive Gewitter mit extremen, kurzzeitigen und sehr lokalen Niederschlägen, welche heftige Sturzfluten und große Schäden im Ernztal zur Folge hatten.

Die Topografie des Ernztals wird von der Weißen Ernz, einem von Süden nach Norden fließenden großen Bach geprägt. Die Weiße Ernz fließt durch tief eingeschnittene Kerbtäler. Steile Hänge, Sandstein und reichlich vorhandenes Geschiebe charakterisieren das Gebiet.

Das Starkregenereignis traf das Ernztal auf der Höhe von Larochette, so dass die Weiße Ernz nur im Unterlauf betroffen war. Dies verdeutlicht die präzise kleinräumliche Ausprägung von Starkregenereignissen und zeigt die Schwierigkeit, Intensitäten und räumliche Ausdehnung von solchen Niederschlägen sicher vorherzusehen. Die gemessenen Niederschlagsintensitäten erreichten lokal in Christnach bis zu 20 mm in 10 min, 50 mm in 1 h und 70 mm in 6 h, was einem Wiederkehrintervall von über 100 Jahren entspricht.

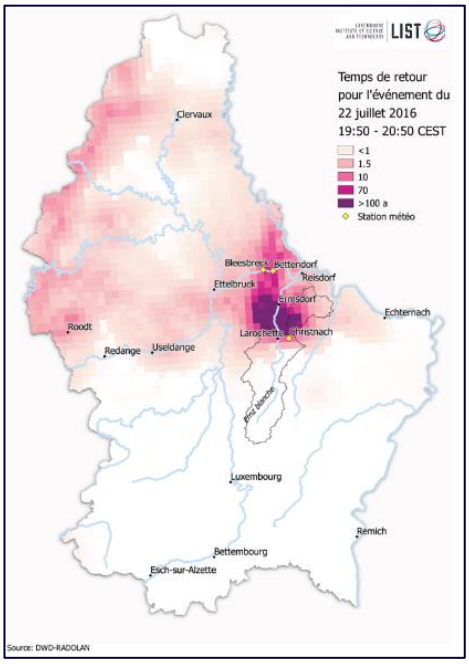


Abbildung 13: Niederschlagsjährlichkeiten beim Starkregenereignis 2016 (LIST, 2018)

Auf dieses außergewöhnlich starke konvektive Wetterereignis reagierten die lokalen Flusssysteme mit einer sehr schnell und hoch ansteigenden Sturzflut. So stieg der Wasserstand am Pegel Larochette innerhalb von 90 min auf den Scheitelpunkt von 175,9 cm und stieg im Maximum innerhalb von 15 min um 63 cm. Flussabwärts am Pegel Reisdorf erreichte die Hochwasserwelle den Scheitelpunkt bei 293,9 cm. Dies geschah ca. 3 Stunden nach Beginn der Niederschläge.

3.3 Eishochwasser Our 2017

An der Our kam es im Januar 2017 und Februar 2018 zwischen den Ortschaften Obereisenbach und Untereisenbach zu Überschwemmungen infolge von Eisgang. Sogenanntes Eishochwasser entsteht durch Zusammentreffen von erhöhter Wasserführung im Gewässer bei gleichzeitiger Durchflussbehinderung durch Eisversetzungen (Maniak, 2010). Somit ist eine Grundvoraussetzung für ein solches Ereignis eine Periode mit Temperaturen unter dem Gefrierpunkt, welche zur Eisbildung auf dem Fließgewässer führt. Werden die Eisschollen mobilisiert, treiben sie flussabwärts. Die Einengung des Durchflussquerschnittes geschieht durch Zusammenschieben von abtreibenden Eisschollen, meist an solchen Fließgewässerabschnitten, bei denen sich die Fließgeschwindigkeit plötzlich stark vermindert. Hierbei kann es stromaufwärts zu einem Stau von Wasser kommen, der zu einer Überflutung der Uferrandzonen führen kann. Alternativ kann bei Tauwetter oder zu starkem hydrostatischen Druck eine Eisversetzung plötzlich brechen und stromabwärts ein beträchtliches Hochwasser verursachen.

Abbildung 14: Eisgang an der Our (AGE, 2018)

An der Our wurden die Überschwemmungen jeweils durch einen Aufstau infolge der Verkeilung der Eisschollen verursacht. Verantwortlich für den Eisstau waren zwei alte Wehre, die sich auf dem Streckenabschnitt befinden. Die Wehre bzw. Wehrreste führen bei normaler Wasserführung („Mittelwasser MQ“) zu einer deutlichen Verringerung der Fließgeschwindigkeit auf Höhe der Obereisenbacher Mühle. Dabei sorgte ein anlaufendes Winterhochwasser dafür, dass das durch niedrige Temperaturen gebildete Eis von unten aufbrach und auf der Our abtrieb. Das Eis blieb insbesondere an den oberen Wehrresten hängen und staute sich an. Eisschollen, die sich über das Hindernis schoben, blieben an einer unmittelbar dahinter verlaufenden Baumreihe hängen.

Abbildung 15: Eisstau und Überschwemmungen an der Our (AGE, 2017)

Dies kam laut Angaben der Anwohner schon früher vor. Damals wurden die Eisschollen weggesprengt, was heute jedoch nicht mehr erlaubt ist. Als Ad-hoc-Maßnahme kam damals ein Raupenbagger zum Einsatz, welcher die stauenden Eisschichten aufbrach. So konnten diese flussabwärts transportiert werden, und (noch) schlimmere Überschwemmungen konnten verhindert werden.

3.4 Hochwasser Januar 2018

Zum Jahresanfang 2018 kam es zu einem Hochwasserereignis an der Mosel. Durch die Schneeschmelze kombiniert mit starken Regenfällen im Einzugsgebiet, stiegen die Wasserstände der Mosel an. In der Nacht zum 8. Januar wurde der Höchststand von 6,94 m am Pegel Stadtbredimus erreicht. Dies führte überall entlang der Mosel zu Überschwemmungen, besonders in Remich, wo die Place Kons und die Esplande überschwemmt waren.

Abbildung 16: Moselhochwasser in Remich (AGE)

Zahlreiche Verkehrswege waren vom Hochwasser betroffen. So waren die Straßen in Schengen und zwischen Stadtbredimus und Bech-Kleinmacher für den Verkehr gesperrt.

Abbildung 17: Moselhochwasser in Schengen (AGE)

Zwischen dem 18. und 24. Januar 2018 kam es erneut zu einem Anstieg der Wasserstände der Mosel. Starke Regenfälle auf die noch gesättigten Böden im Moseleinzugsgebiet verursachten einen Höchststand von 6,27 m am 24. Januar 2018 am Pegel Stadtbredimus.

3.5 Starkregenereignis 2018

2018 sollte sich gleich eine ganze Reihe von Starkregen in Luxemburg ereignen. Bei einem ersten Starkregenereignis 2018 wurden am 1. Juni im Osten und Südosten des Landes die höchsten Niederschlagsintensitäten mit 15,5 mm in 10 Minuten bei Waldbillig und 14 mm in 10 Minuten bei Grevenmacher gemessen. Die höchsten Niederschlagssummen laut Meteolux wurden in Waldbillig gemessen und so fielen in 1 Stunde 72,1 mm und in 6 Stunden 100,6 mm bzw. in 24 Stunden 113,7 mm.

Der meteorologische Dienst der Agrarverwaltung Luxemburgs hat gleich zwei neue Rekordwerte bei diesem Niederschlagsereignis gemeldet. Mit 101,3mm in 24 Stunden ist in Waldbillig vom 31. Mai auf den 1. Juni 2018 ein neuer RekordTageswert zu verzeichnen, wobei ein Großteil des Niederschlags in nur einer Stunde gefallen ist: 72,1mm von 2 bis 3 Uhr nachts und somit ein neuer Rekord-Stundenwert aufgestellt wurde.

Von den Gewässern war hier besonders die Schwarze Ernz betroffen. Vor allem in Grundhof waren größere Schäden zu vermelden.

Abbildung 18: Hochwasser an der schwarzen Ernz in Grundhof (AGE, Luxsense S.A., 2018)

Ein paar Tage später, am 9. Juni 2018 wurde darauffolgend im Attert-Einzugsgebiet ein Ereignis mit Niederschlagsintensitäten von 53.3mm in 1 Stunde und 64.8mm in 6 Stunden an der Station Reichlange gemessen.

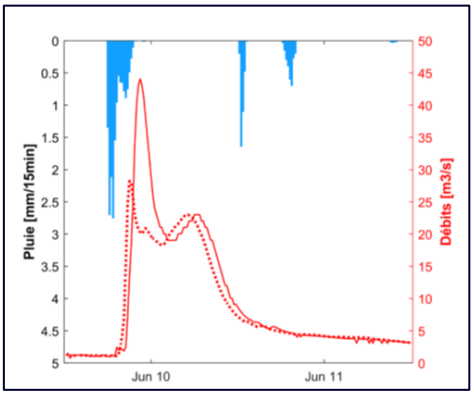


Abbildung 19: Niederschlag und Wasserführung der Attert bei Useldange (gepunktete Linie) und Bissen (durchgezogene Linie) vom 9. bis 11. Juni 2018

Wiederum im Osten des Landes wurde dann am 10 Juni 2018 ein drittes (diesmal marginal schwächeres) Ereignis mit bemerkenswerten Niederschlagsintensitäten aufgezeichnet. Darunter wurden Intensitäten von 18,3 mm in 10 Minuten und 48,9 mm in 1 Stunde in der Nähe von Roeser gemessen. Den Osten des Landes hat es am gleichen Tag nochmals erwischt, wo starke Regenfälle mit 32,2 mm in 1 Stunde und 69,2 mm in 24 Stunden in Waldbillig zu stark erhöhten Abflüssen führten.

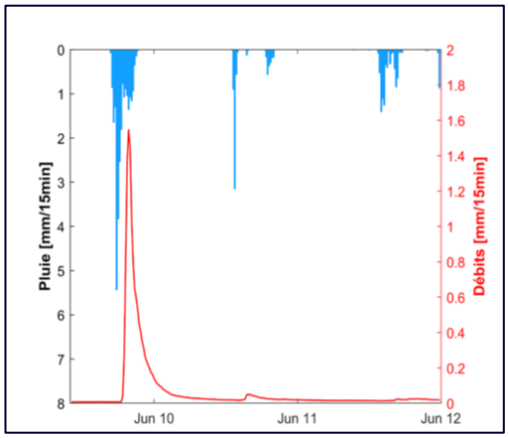


Abbildung 20: Hallerbacher Niederschlag und Abflussmengen vom 9. bis 10. Juni 2018

3.6 Winterhochwasser Februar 2020

Im Februar 2020 kam es zu einem klassischen Winterhochwasser wobei fast alle Gebiete des Landes betroffen waren. Zu Beginn des Monats lag eine instabile meteorologische Situation vor. Zwischen einem Tiefdruckgebiet über Nordeuropa und einem Hochdruckgebiet über dem Mittelmeer brachte eine starke Westwindströmung konstant warme und feuchte maritime Luftmassen über das Land. In der Nacht vom 3. auf den 4. Februar war ein wellendes Frontensystem die Ursache für starke Dauerregenfälle und Überschwemmungen, von dem alle Gewässer des Großherzogtums betroffen waren.

Abbildung 21: Hochwasser in Useldange und Bissen (AGE, 2020)

Der Monat Februar hatte eine Gesamtniederschlagsmenge von 148,7 l/m^2, etwa 138 % mehr als der langjährige Durchschnitt. Der Februar 2020 ist der zweitnasseste Februar seit dem Beginn der Messungen im Jahre 1947. Die maximale tägliche Niederschlagsmenge wurde am 3. Februar 2020 mit 32,6 l/m^2 gemessen.

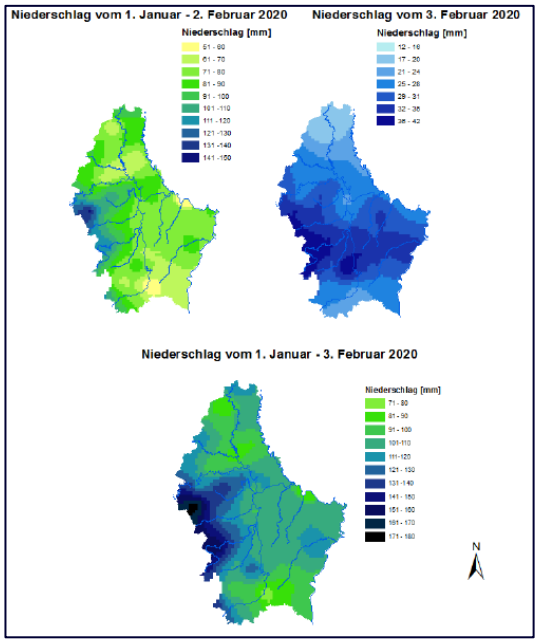


Abbildung 22: Verteilung der Niederschläge vom 01.01.2020 bis 03.02.2020

Tabelle 8: Gemessene Abflüsse und Einschätzung der Jährlichkeiten (AGE)

Station	Gewässer	Datum	Q_{max} [m³/s]	Jährlichkeit
Bigonville	Sauer	04.02.20 16:00	61,678	3,1
Bissen	Attert	04.02.20 06:00	104,107	16,3
Bollendorf	Sauer	04.02.20 14:00	463	3,6
Diekirch	Sauer	04.02.20 12:00	309,392	3,0
Ettelbruck-Alzette	Alzette	04.02.20 09:00	222,738	8,0
Heiderscheidergrund	Sauer	04.02.20 14:00	63,248	2,1
Hunnebour	Eisch	04.02.20 19:00	28,584	3,1
Mersch	Alzette	04.02.20 10:00	138,02	8,5
Mertert	Syre	04.02.20 04:00	104,129	54,0
Michelau	Sauer	04.02.20 18:00	145,135	2,7
Niederfeulen	Wark	04.02.20 01:00	16,26	6,0
Pfaffenthal	Alzette	04.02.20 03:00	75,194	8,0
Reichelange	Attert	04.02.20 04:00	54,174	9,6
Rosport	Sauer	04.02.20 18:00	576,3	3,5
Schoenfels	Mamer	04.02.20 06:00	39,704	37,8
Hunsdorf	Alzette	04.02.20 07:00	81,457	7,9

Die gemessenen Höchststände lagen insgesamt unter denen der Jahre 2003 und 2011. An der Alzette wurde an den Pegeln Pfaffenthal, Steinsel, Mersch und Ettelbrück die Meldestufe 2 überschritten. Dies war ebenfalls in Diekirch an der Sauer der Fall.

Abbildung 23:Hochwasser an der Alzette in Steinsel und an der Sauer in Bollendorf-Pont (AGE, 2020)

Eine Nachfrage beim CGDIS ergab, dass es im Zeitraum vom 03. Februar (21 Uhr) bis zum 04. Februar (12 Uhr) schätzungsweise 320 hochwasserrelevante Einsätze durch das Land gegeben hat. Diese konzentrierten sich hauptsächlich auf das Zentrum und den Süden des Landes.

Abbildung 24: Überschwemmung des Parkplatzes "Däichwissen" in Ettelbrück (wort.lu)

Abbildung 25: Überschwemmung des Parks in Mersch durch die Alzette (wort.lu)

Abbildung 26: Hochwasser an der Mosel in Wasserbillig (rechts) und Remich (links) (AGE)

3.7 Hochwasser Juli 2021

Außergewöhnlich langanhaltende und intensive Niederschläge haben im Juli 2021 in einigen westeuropäischen Ländern, darunter auch in Luxemburg, zu einem markanten Hochwasserereignis geführt. Während in benachbarten Regionen Sturzfluten etliche Todesopfer zur Folge hatten, sind in Luxemburg infolge flächiger Überschwemmungen insbesondere entlang der größeren Fließgewässer in weiten Teilen des Landes erhebliche Sachschäden entstanden. So bezifferte die ACA (Association des Compagnies d'Assurance et de Réasurences du Grand-Duché du Luxembourg) den Schaden auf Rund 120 Millionen Euro und somit als "teuerste Katastrophe in der Geschichte des luxemburgischen Versicherungswesens".

Abbildung 27: Überschwemmung in Steinheim (links) und Mersch (rechts) infolge des Hochwasser Juli 2021

Ursache der Dauerniederschläge mit Schwerpunkt am 14. Juli war das quasi-stationäre Tiefdruckgebiet „Bernd" (Deutscher Wetterdienst), welches Niederschläge aus einer nordöstlichen Richtung nach Luxemburg geführt hat. Diese quasi-stationäre Wetterlage (Tiefdruckgebiet Mitteleuropa), sorgte für außergewöhnlich hohe Niederschlagsmengen. Die ergiebigen Niederschläge traten in kurzer Zeit auf, der Großteil innerhalb von lediglich 12 Stunden am 14. Juli. Dies wird eindrucksvoll belegt von zwei neuen Rekorden der Niederschlagsintensität an der Messstation Luxemburg-Findel : „[…] die maximalen Niederschläge in 12 Stunden bzw. 24 Stunden erreichten Akkumulationen von 74,2 l/m² bzw. 79,4 l/m²" (Meteolux, 2021).

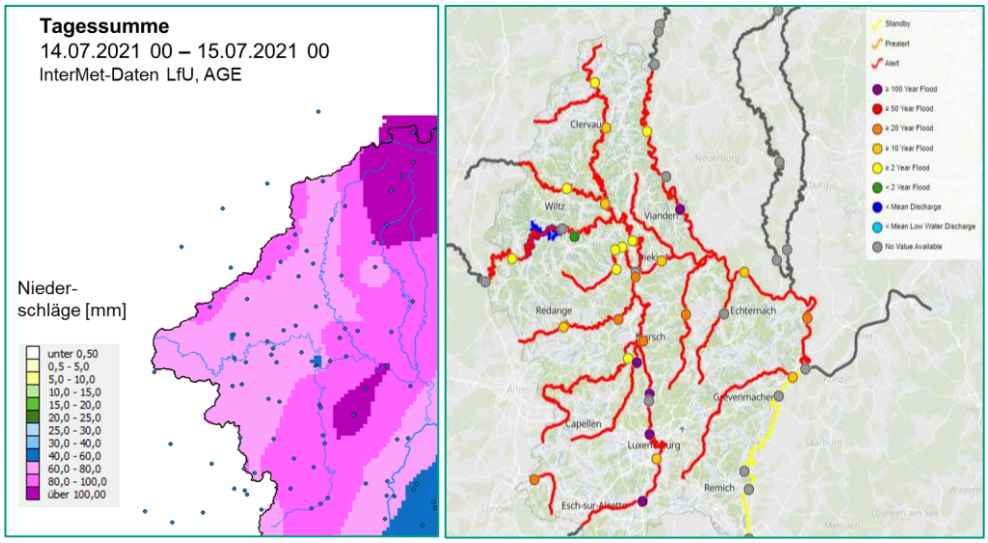


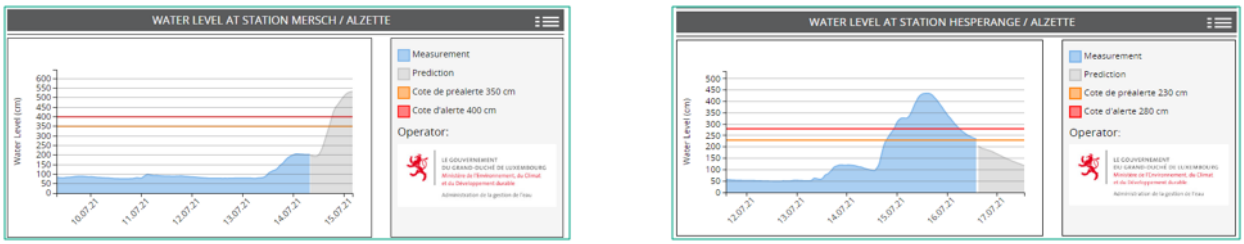
Abbildung 28: Tagessumme der Niderschläge (rechts) und Situation an den Pegeln (1507.2021; 05:30; inondations.lu)

Ebenfalls außergewöhnlich ist die landesweit maximale Niederschlagsmenge innerhalb von 24 Stunden. „Die vom Wetterdienst ASTA (AgriMeteo) betriebene Wetterstation in Godbrange hatte zwischen dem 14.07.2021 06:00 Uhr Ortszeit und dem 15.07.2021 06:00 Uhr Ortszeit die landesweit höchste Regenmenge von insgesamt 105,8 l/m² gemessen [..]“. Laut der World Weather Attribution (2021) kann die Wiederkehrperiode eines solchen Ereignisses auf 400 Jahre, unter den derzeitigen Klimabedingungen, eingeschätzt werden. Sie hält ebenfalls fest, dass der menschengemachte Klimawandel dieses Regenereignis zum Teil verstärkt hat.

Die Niederschläge am 14. Juli waren durch eine hohe Intensität geprägt, was vor allem im Gutland bewirkte dass während eines längeren Zeitraums die möglichen Infiltrationskapazitäten der Böden stundenlang überschritten waren. Dies lag auch daran, dass bereits im Vorfeld des Ereignisses und am 13. Juli Niederschläge über das Land hinweg gezogen sind welche die Böden vorsättigten.

Der hierdurch entstanden hohe Oberflächenabfluss führte als erste hydrologische Reaktion zu Sturzfluten an vielen Hängen, Talwegen und Bächen. Das Wasser gelangt so, und über das Grundwasser, vermehrt in die größeren Gewässer, welche in der Folge ebenfalls über die Ufer traten und großflächige Überschwemmungen mit sich trugen.

Der Hochwassermeldedienst rief im Vorfeld der Überschwemmungen bereits am 13. Juli die „Phase de vigilence“ aus und wies darauf hin, dass besonders auf die Gefahren für Aktivitäten entlang der Gewässer wie etwa Campings und Baustellen hin. Insgesamt wurden 8 Hochwassermeldeberichte verfasst und der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt.



www.inondations.lu
14.07.2021 08:00 Uhr

www.inondations.lu
16.07.2021 14:30 Uhr

Abbildung 29: Wasserstandgangliniien während des Hochwasserereignisses Juli 2021 (inondations.lu)

Die höchste Warnstufe (Cote d’Alerte) wurde am 14. Juni an den Pegelstationen Überschritten und dies für eine sehr lange Zeit (> 30 Stunden). An acht Pegelstationen wurde ein 100-jährliches Hochwasser und an iner Pegelstation ein 200-jährliches Hochwasser registriert. An 15 Pegelstationen wurde während des Hochwasserereignisses im Juli 2021 der höchste jemals gemessene Wasserstand (seit Beginn der Aufzeichnungen) registriert.

Abbildung 30: Drohnenaufnahme der Überschwemmung in Steinsel (Luxsens S.A., AGE)

Die hydrologische Auswertung des Hochwasserereignisses ist gegenwärtig Stand einer Studie. Die Resultate Studie werden in Form eines Berichtes veröffentlicht.

4 Stand der Umsetzung

4.1 Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos

Die erste Etappe eines jeden Zyklus der Umsetzung der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie ist die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos nach Artikel 4 der Richtlinie.

Im Zuge einer Untersuchung hierzu wurden alle Schutzgüter, welche sich innerhalb von Überschwemmungszonen befinden aufgenommen. Die Schutzgüter wurden in vier Klassen unterteilt; Personen- und Sachschäden, Umwelt, Wirtschaft und Kulturobjekte. Dies in Anlehnung an das Ziel der HWRM-RL das Risiko hochwasserbedingter nachteiliger Folgen insbesondere auf die menschliche Gesundheit und das menschliche Leben, die Umwelt, das Kulturerbe, wirtschaftliche Tätigkeiten und die Infrastrukturen zu verringern.

Anschließend wurde anhand zweier Signifikanzkriterien bewertet, ob an einem Gewässer ein signifikantes Hochwasserrisiko besteht. War dies der Fall, so wurde dieses Gewässer als Risikogewässer (nach HWRM-RL: Areas with potential significant flood risk / Gebiete mit potenziellem signifikantem Hochwasserrisiko) eingestuft. Abbildung 27 zeigt die daraufhin ausgewiesenen Hochwasserrisikogewässer.

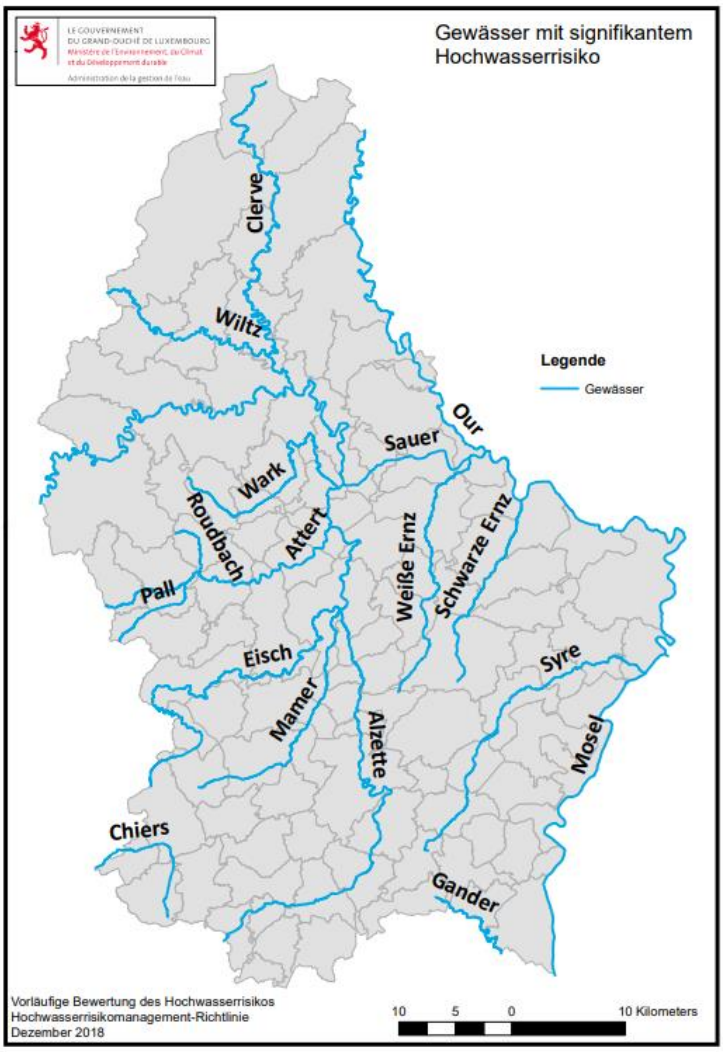


Abbildung 31: Übersicht der Hochwasserrisikogewässer (AGE, 2018)

Die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos im zweiten Zyklus wird im gleichnamigen Bericht beschrieben.

Gemäß Artikel 5, Absatz 2 der HWRM-RL bedarf es bei der Festsetzung für Hochwasserrisikogebiete bei grenzübergreifenden Gewässern eines internationalen Austauschs. Dies fand im Rahmen einer multilateralen

Abstimmung der Mitglieder der IKSMS statt. Am 18. Oktober 2018 gab es hierzu eine Veranstaltung an der Vertreter aus Frankreich, Deutschland, Belgien und Luxemburg teilnahmen, um über die Ausweisung der Risikogebiete zu informieren.

Nach Bestimmung der Risikogewässer wurde diesen ein spezifischer Code (genannt: APSFR-Code) zugeteilt. Eine Übersicht gibt Tabelle 8.

Tabelle 9: APSFR-Codes der Risikogewässer

Gewässer	APSFR-Code
Mosel	LU RB_000 A01
Syre	LU RB_000 A02
Sauer	LU RB_000 A03
Schwarze Ernz	LU RB_000 A04
Weiße Ernz	LU RB_000 A05
Wiltz	LU RB_000 A06
Clerve	LU RB_000 A07
Our	LU RB_000 A08
Alzette	LU RB_000 A09
Wark	LU RB_000 A10
Attert	LU RB_000 A11
Roudbach	LU RB_000 A12
Pall	LU RB_000 A13
Eisch	LU RB_000 A14
Mamer	LU RB_000 A15
Gander	LU RB_000 A16
Chiers	LU RB_001 A17

Die Kodierung ist so aufgebaut, dass der erste Teil (LU RB_00X) auf die Flussgebietseinheit schließen lässt, wobei für den Rhein die [0] und die Maas die [1] steht. Der zweite Teil ist eine fortlaufende Nummerierung.

4.2 Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten

Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten sollen für alle nach Artikel 5 der HWRM-RL ausgewiesenen Risikogewässer erstellt werden.. Für 15 der 17 ausgewiesenen Risikogewässer wurden im ersten Zyklus bereits Karten erstellt. Gemäß der HWRM-RL müssen bestehende Karten alle 6 Jahre überprüft und gegebenenfalls angepasst werden. Da die Grundlagen der bestehenden Karten an allen Gewässern veraltet sind, hat man sich in Luxemburg dazu entschlossen, die Karten für alle Risikogewässer zu erneuern. Für die Mosel wurden keine neuen Hochwassergefahrenkarten erstellt, da man hier davon ausging, dass die gegenwärtigen Überschwemmungsflächen weiterhin der Realität entsprechen. Innerhalb der IKSMS wurde jedoch ein Projekt angestoßen um die Mosel in Zusammenarbeit aller Anrainerstaaten durchgehend neu zu modellieren. Dies wird in den nächsten Jahren geschehen.

Auf den Hochwassergefahrenkarten wird das Ausmaß einer potenziellen Überflutung ersichtlich. Dargestellt sind die Flächen, die während eines Ereignisses einer bestimmten Jährlichkeit von Überschwemmungen betroffen sein können. Zusätzlich werden noch Angaben über die lokalen Wassertiefen gegeben, die anhand von Farbkodierungen dargestellt sind.

Berücksichtigt werden dabei 3 Szenarien:

- Hochwasser mit hoher Wahrscheinlichkeit (HQ_{10} – 10 jährliches Hochwasser)
- Hochwasser mit mittlerer Wahrscheinlichkeit ($HQ1_{00}$ – 100 jährliches Hochwasser)
- Hochwasser mit niedriger Wahrscheinlichkeit oder Szenarien für Extremereignisse (HQ_{extrem} - 1000 jährliches Hochwasser)

Des Weiteren sollen Hochwasserrisikokarten erstellt werden, welche potenzielle hochwasserbedingte nachteilige Auswirkungen der drei Szenarien verzeichnen. Dies anhand der Angabe der potenziell betroffenen Einwohner (Orientierungswert), der Art der wirtschaftlichen Tätigkeiten in dem potenziell betroffenen Gebiet, der Anlagen, die im Falle der Überflutung unbeabsichtigte Umweltverschmutzungen verursachen könnten und potenziell betroffene Schutzgebiete.

Für die Aktualisierung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten sind mehrere Arbeitsschritte nötig:

- Regionalisierung der Hochwasserabflüsse;
- Erstellung der hydraulischen Modelle und Berechnung der Überschwemmungsflächen;
- Erstellung des Projektes der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten;
- Öffentliche Anhörung zum Projekt;
- Überarbeitung der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten;
- Festlegung der Großherzoglicher Verordnung.

Im Folgenden werden die einzelnen Etappen beschrieben

4.2.1 Regionalisierung der Hochwasserabflüsse

Zur Bestimmung der maßgebenden Hochwasserabflüsse, als Basis der Berechnung der Hochwassergefahrenkarten, wurde von der AGE eine Studie zur landesweiten Regionalisierung dieser Abflüsse in Auftrag gegeben.

Die für die Ermittlung der hydrologischen Kennzahlen und Hochwasserwahrscheinlichkeiten erforderlichen Abflusszeitreihen werden in Fließgewässern punktuell an einzelnen gewässerkundlichen Pegelstationen erhoben. An diesen Stationen wird in der Regel der Wasserstand kontinuierlich messtechnisch erfasst. Die aufgezeichneten Wasserstandszeitreihen werden anschließend mit Hilfe einer Beziehung zwischen Wasserstand und diskontinuierlich an den Pegeln gemessenen Durchflüssen (d.h. über eine W-Q-Beziehung oder auch Abflusskurve genannt) in Abflusszeitzeihen umgewandelt.

Es liegt jedoch in der Natur von solchen hydrometrischen Messwerten, dass diese stets nur von begrenzter Genauigkeit sind. So sind beispielsweise die Abflusskurven insbesondere im Hochwasserbereich nur selten mit belastbaren und einer ausreichenden Anzahl von Durchflussmessungen belegt. Die Gründe dafür sind unter anderem, dass zu hohe Fließgeschwindigkeiten und Geschiebetransporte, Sichteinschränkungen durch Trübung oder auch Treibgut dazu führen, dass eine Messung mit hohen Unsicherheiten behaftet und/oder technisch und aus Sicherheitsgründen erst gar nicht möglich ist. Meist können die kurzfristigen Hochwasserspitzen und die nur selten auftretenden Extremereignisse auch aus logistischen und personellen Gründen nicht flächendeckend erfasst werden. Daher existieren Durchflussmessungen in der Größenordnung von HQ_{10} wenn überhaupt nur an sehr wenigen Pegelmessstellen. Selbst wenn die Wasserstände von größeren Hochwassern an den Pegeln gemessen wurden, muss die Abflusskurve in der Regel weit über den mit Messungen belegten Bereich extrapoliert werden, um die entsprechenden Maximalabflüsse zu erhalten. In diesem Kontext werden zur Absicherung der Extrapolationen der Abflusskurven und zur Ermittlung der Wasserspiegellagen bei Extremereignissen hydraulische Modellrechnungen herangezogen, um beispielsweise Besonderheiten in der Gerinnegeometrie und den Einfluss von Ausuferungen adäquat abbilden zu können.

Als Basis für die Ermittlung von Hochwasserwahrscheinlichkeiten dienen möglichst lange und vor allem verlässliche Pegelbeobachtungen. Grundsätzlich liegen langjährige Abflusszeitreihen von mehr als 50-60 Jahren aber nur recht selten vor, was insbesondere die Ermittlung von Hochwassern mit hohen Jährlichkeiten erschwert. Hinzu kommt, dass in allen Flusseinzugsgebieten sowohl aus ökonomischen als auch aus logistischen Gründen stets nur eine begrenzte Anzahl an punktuellen Pegelstationen zur Verfügung steht, an denen der Abfluss gemessen wird. Dies bedingt, dass für hydrologische Analysen, bei wasserbaulichen Vorhaben und/oder auch wasserwirtschaftlichen Plan- und Genehmigungsverfahren oftmals keine direkten Abflussmessdaten für das betreffende Fließgewässer vorliegen.

Mit den Methoden der hydrologischen Regionalisierung lassen sich in diesem Kontext spezifische Hochwasserkenngrößen flächendeckend sowohl für Einzugsgebiete mit Abflussaufzeichnungen als auch für

solche ohne Abflussbeobachtungen berechnen. Das Grundprinzip der statistischen Regionalisierungsverfahren beruht dabei auf der Analyse der Beziehungen zwischen den punktuell an den gewässerkundlichen Pegeln bekannten Abflusskennwerten und den dazugehörigen, flächenhaft vorliegenden Einzugsgebietscharakteristiken (z.B. Einzugsgebietsgröße, Niederschläge, Landnutzung etc.). Die dabei ermittelten regionalen Übertragungsfunktionen können anschließend dazu genutzt werden, die jeweiligen Abflusskennwerte in nicht abflussmesstechnisch erfassten Nachbargebieten mit ähnlichem hydrologischen Verhalten mit Hilfe der flächendeckend zur Verfügung stehenden Gebietscharakteristiken für beliebige Punkte in einem Zielgebiet zu quantifizieren.

Grundlegende Basis für die Analysen waren die Abflusszeitreihen von über 50 gewässerkundlichen Pegeln in Luxemburg und Rheinland-Pfalz mit Einzugsgebietsgrößen von 0,45 bis 4.232 km², hochaufgelöste Zeitreihen von zahlreichen hydrometeorologischen Messstationen in Luxemburg und angrenzenden Ländern sowie flächendeckend hier mit Bezug auf das hydrologische Flächenverzeichnis von Luxemburg (ohne Mosel-Gebiete) abgeleitete Einzugsgebietsmerkmale. Als erklärende Gebietsmerkmale wurden insgesamt etwa 50 Geovariablen zur Topologie, Topografie, Gewässernetzen, Landnutzung, Pedologie und Geologie abgeleitet. Auf diese Weise lässt sich das statistisch begründete Ziel verfolgen, im Rahmen der sogenannten Modellidentifikation aus einer möglichst großen Zahl von potenziell erklärenden Variablen eine möglichst kleine Zahl von statistisch wie hydrologisch signifikanten Einflussgrößen herauszuarbeiten.

Für die luxemburgischen Pegel liegen Abflusszeitreihen generell nur für relativ kurze Zeiträume vor, sodass Unschärfen bei der Angabe von Hochwasserabfluss-Quantilen hoher Jährlichkeiten unvermeidlich sind. Um eine höhere Zuverlässigkeit und Repräsentativität herzustellen, wurden im Kontext einer zeitlichen, kausalen und räumlichen Informationserweiterung langjährige Abflusszeitreihen (>30 Jahre) von mehreren, unterschiedlich großen und benachbarten Pegeln im Sauer-Einzugsgebiet, lokale Hochwasserstatistiken, Kenntnisse zu historischen Hochwassern, Literaturinformationen sowie regionalhydrologische Überlegungen in die Analysen und Berechnungen mit einbezogen. Darüber hinaus wurden die Hochwasserabflüsse und Extrapolationsbereiche der Abflusskurven an ausgewählten Stationen unter Berücksichtigung von 1D- und 2D-hydraulischen Modellen evaluiert.

Das Ergebnis der Studie sind regionalisierte, flächendeckende, für definierte Einzugsgebiete und Fließgewässerabschnitte des hydrologischen Flächenverzeichnisses Luxemburgs, mittlere Hochwasserabflüsse (MHQ) und Hochwasserscheitelabflüsse für bestimmte Jährlichkeiten - HQ(T). Bei den HQ(T)-Werten stehen die Jährlichkeiten 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200 und HQ_{extrem} zur Verfügung. Für die Ermittlung des HQ_{extrem}-Kennwertes wurde als Konvention „1,4 x HQ_{100}“ und für HQ_{200} „1,15 x HQ_{100}“ festgelegt. Die Belastbarkeit dieser konstanten Faktoren wurde - unter anderem unter Berücksichtigung von einschlägiger Fachliteratur und der Unsicherheitsbereiche über 95 %-Konfidenzintervalle - sowohl auf Basis des Bayes- als auch des Index-Flood Verfahrens bewertet und validiert.

Hieraus konnten die spezifischen Hochwasserwahrscheinlichkeiten für die hydraulische Ermittlung von Überschwemmungsflächen entnommen werden.

4.2.2 Hydraulische Modellierung

Zur Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen werden Strömungsmodelle – auch hydraulische Modelle genannt – verwendet. Dabei handelt es sich um mathematische (numerische) Modelle, die am Computer erstellt werden. Für das Projekt der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten wurden dabei eigens neue Modelle erstellt.

Für ein hydraulisches Modell werden Daten aus unterschiedlichen Quellen benötigt. Hauptinput bei der Erstellung eines hydraulischen Modelles ist das Gelände, also die Höhen und Formen von Gewässern und dem Umland. Um Informationen hierzu zu gewinnen, gibt es zwei Optionen, eine Laserscanvermessung aus der Luft oder eine terrestrische Vermessung, wobei in der Regel beide zum Einsatz kommen.

Zur Vermessung des Gewässervorlandes beziehungsweise des weiteren Umlandes werden die Höheninformationen vom Flugzeug aus mit Spezialkameras aufgenommen. Diese Informationen werden am Computer verarbeitet um ein digitales Geländemodell (DGM) zu erstellen. Für das Projekt wurde eigens ein neues DGM erworben, welches das Gelände entlang der Gewässer abbildete.

Strukturen im und direkt am Gewässer können mit dieser Methode nicht genau genug erfasst werden. Aus diesem Grund werden diese Bereiche zusätzlich am Boden vermessen (terrestrische Vermessung). Hier ist

insbesondere die Erfassung der Unterwassergeometrie des Gewässerbettes, der Querbauwerke (z. B. Brücken, Wehre, Abstürze, Durchlässe) und der Uferlinien zu nennen.

Für die Neuerstellung der HWGK wurden in den Jahren 2015-2016 insgesamt 570 Gewässerkilometer detailliert vermessen. Dabei wurden ca. 3.600 Querprofile entlang der Gewässer aufgenommen, sowie 761 Brücken vermessen. Auch hydraulisch wirksame Strukturen wie etwa Mauern wurden berücksichtigt. Umgesetzte Projekte wie etwa Renaturierungen oder Hochwasserschutzmaßnahmen konnten so in den neuen Karten berücksichtigt werden. Tabelle 9 gibt einen Überblick über die Vermessungsarbeiten.

Tabelle 10: Übersicht über die Vermessungsarbeiten im Zuge der hydraulischen Modellierung

Gewässer	Linien-vermessung [km]	Profile [Stück]	Brücken [Stück]
Alzette	20,29	583	104
Attert	6,15	187	46
Chiers	2,35	74	24
Clerve	0,53	260	65
Eisch	5,98	268	79
Weiße Ernz	3,10	263	45
Schwarze Ernz	2,43	87	25
Gander	3,50	72	19
Mamer	1,90	145	41
Obersauer	0,05	200	14
Our	5,84	173	14
Pall	0,00	47	17
Roudbach	2,37	84	16
Sauer	29,15	538	51
Syre	2,80	215	54
Wark	3,35	219	48
Wiltz	1,58	199	52
Woltz	0,50	121	47

Als zusätzlicher Faktor spielt die Geländebeschaffenheit, von den Modellierern als Rauheit bezeichnet, eine Rolle. Das Hochwasser fließt beispielsweise auf einer Wiese langsamer ab als auf einer asphaltierten Fläche. In das hydraulische Modell werden daher vorhandene Daten zur Landnutzung eingebaut. Für jede Landnutzungsart wird dabei ein eigener Wert für die Rauheit (Rauheitsbeiwert) angenommen. Ist das Gelände samt Rauheiten im Modell abgebildet, werden verschiedene Abflusswerte (Wassermengen) in das Geländemodell eingespeist und die hydraulische Simulation gestartet. Gerechnet werden die unter anderem die Wassertiefen, Fließgeschwindigkeiten und Ausdehnung der verschiedenen Hochwasserszenarien ermittelt werden.

Ein wesentlicher Teil der hydraulischen Modellierung beschäftigt sich mit der sogenannten Kalibrierung des Modells. Hierbei werden die Rechenergebnisse mit gemessenen Werten verglichen. Beim Projekt der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten kamen hierfür Aufzeichnungen vergangener, also realer Hochwasserereignisse und Wasserstandmessungen an den gewässerkundlichen Pegeln zum Einsatz. Erst wenn das Modell diese realen Szenarien ausreichend gut abbilden konnten, wurden sie zur Ermittlung der Hochwassergefahrenflächen eingesetzt.

Insgesamt kamen bei der Erstellung der Hochwassergefahren-und Hochwasserrisikokarten zwei Modellansätze zur Anwendung: ein 1D/2D-gekoppeltes Modell und ein 2D-Modell. Die Auswahl des Modells beruht dabei auf den Gegebenheiten des Gewässers, dem benötigten Genauigkeitsgrades und dem Aufwand hinsichtlich Modellerstellung und Rechenzeit.

Für die Erstellung der 1D-Modelle wurden die vermessenen Querprofile in die Modellsoftware importiert. Bei diesen Modellen wird bei der Berechnung der Wasserstände, oder besser gesagt der Wasserspiegel, an den Querprofilen nur die Hauptströmungsrichtung berücksichtigt. Der Vorteil liegt im relativ einfachen Modellaufbau und der geringen Rechenzeit. In der Regel erhält man die Wasserstände, die sich zwischen den

Querprofilen ergeben, durch Interpolation und eine statische Verschneidung mit dem digitalen Geländemodell. Dabei kann es eben in diesen Zwischenräumen zu kleineren Fehlern kommen. Um diese Schwäche der konventionellen 1D-Modellierung auszugleichen, wurden die Resultate der Wasserstandsberechnung in eine 2D-hydrodynamische Geoinformationssystem-Anwendung importiert, welche die Überschwemmungsflächen und Wassertiefen zusammenhängend ableitet.

Bei der 2D-Modellierung wird das Gelände detailliert und durchgehend in das Modell aufgenommen. Dies geschieht zum einen anhand des digitalen Geländemodells und zum anderen anhand einer im Vergleich zur 1D-Modellierung hochaufgelösten Vermessung. Aus diesen Geländedaten wird ein Berechnungsnetz generiert, das die Wasserstände iterativ an allen Knotenpunkten berechnet. Aus diesen Geländedaten wird ein Berechnungsnetz generiert, welches die Wasserstände iterativ an allen Knotenpunkten berechnet. Dieser Vorgang ist aufwändig und benötigt viel Rechenzeit, ermöglicht aber durch die Berücksichtigung komplexer Strömungsverhältnisse eine hohe Genauigkeit bei der Bestimmung der Wasserstände. Daher kam diese Technik vor allem in sensiblen Siedlungsbereichen und bei Gewässern mit breiten Überschwemmungsgebieten zum Einsatz.

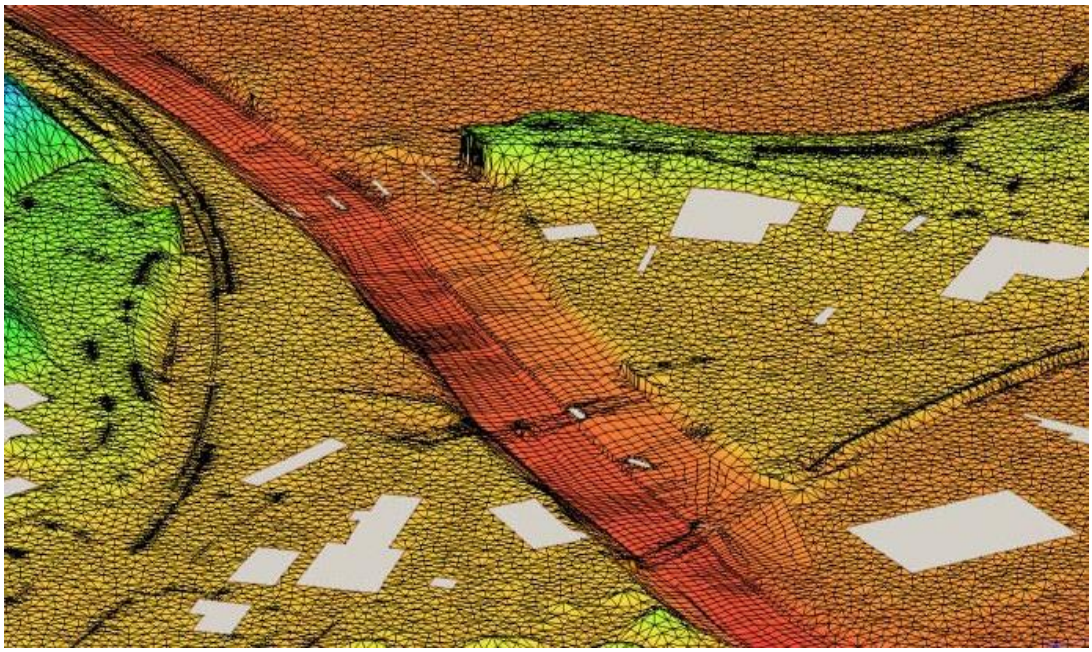


Abbildung 32: Beispiel eines Berechnungsnetzes der 2D Modelle

4.2.3 Projekt der Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten 2019

Um die Hochwassergefahren und Hochwasserrisiken in den Karten klarer aufzuzeigen, wurde die Darstellung gegenüber den Karten von 2013 angepasst. Hierbei wurde sich an den Vorgaben der Bund/Ländergemeinschaft Wasser (kurz LAWA, 2016) orientiert.

Die Hochwassergefahrenkarten zeigen die Ausdehnung der Überschwemmung und die Wassertiefe an. In der Darstellung werden drei unterschiedliche Überschwemmungsgefahren angezeigt. In blauer Markierung werden Überschwemmungen angezeigt, welche sich bilden, wenn das Gewässer ausufert und das Umland überflutet wird. Die unterschiedlichen Wassertiefen werden anhand an einer 5-stufigen Skalierung in verschiedenen Blautönen angegeben. Hierbei gilt, je dunkler der Farbcode, desto höher steht das Wasser.

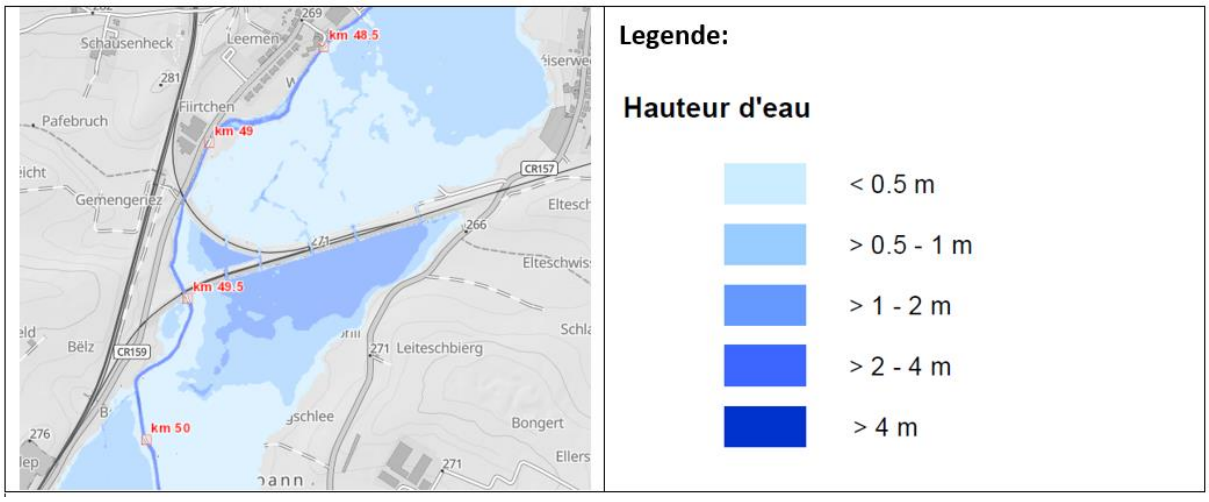


Abbildung 33: HWGK mit Angabe der Wassertiefenklassen

Einige der Überschwemmungsflächen wurden mit einer roten Schraffur versehen. Diese dient dazu, Bereiche zu markieren, die nicht direkt vom Gewässer über das Land überschwemmt werden, sondern entweder durch aufdrückendes Grundwasser oder eine vorhandene Kanalisation. In der Regel sind diese Bereiche vom Gewässer durch eine Erhöhung des Geländes abgeschnitten. Auch hier sind die unterschiedlichen Wassertiefen anhand der 5-stufigen Skalierung erkennbar.

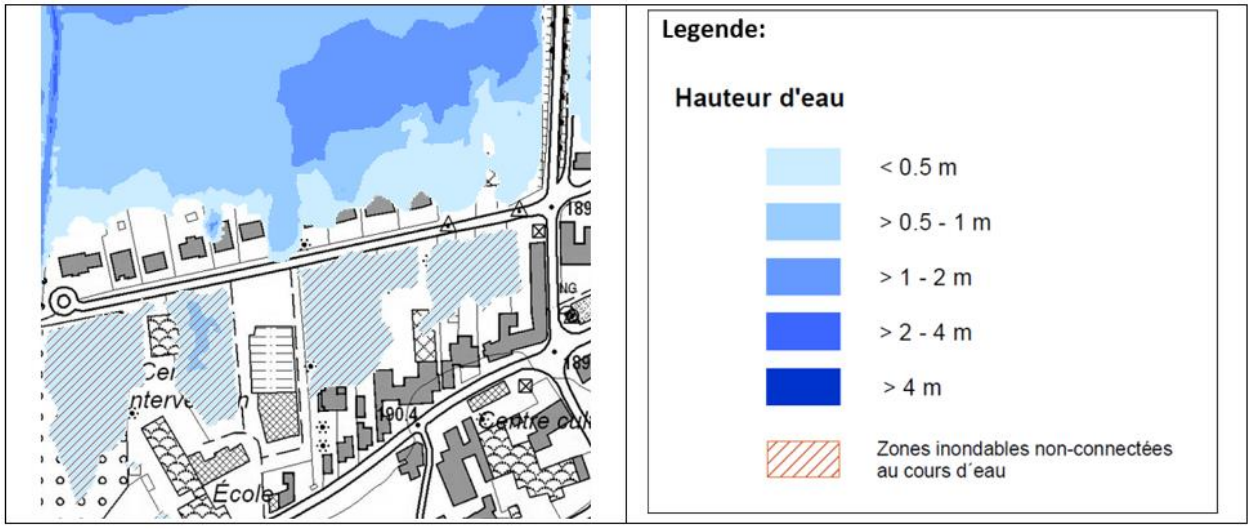


Abbildung 34: HWGK mit Angabe einer nicht angeschlossenen Überschwemmungszone

Außerdem werden in den Gefahrenkarten einige der Überschwemmungsgebiete in gelber Farbe angezeigt. Hierbei handelt es sich um die sogenannten geschützten Bereiche, welche durch eine linienhafte (z.T mobile) Hochwasserschutzinfrastruktur bis zu einem gewissen Grad vor dem Hochwasser geschützt sind. Die gelb markierte Überschwemmungszone gibt dabei an, wie die Überschwemmung ohne diesen Schutz ausfallen würde.

Die separate Markierung dieser Flächen soll der Aufklärung über die Funktionsweise dieser Anlagen dienen. Hochwasserschutzmauern halten das Wasser immer nur bis zu einem bestimmten Abfluss zurück, dem Bemessungshochwasser. Wird dieser überschritten, tritt das Wasser über die Mauer und überflutet die dahinterliegenden Siedlungen. Dies ist besonders gefährlich, weil man sich in diesen Bereichen durch die Anwesenheit der Mauer oft sicher fühlt und daher keine weiteren Vorkehrungen getroffen werden um Hochwasserschäden zu minimieren. Dass der Bemessungsabfluss beispielsweise zwischen einem HQ_{10} und HQ_{100} überschritten wird, erkennt man wenn bei letzterem die Überschwemmungszone normal in blau angezeigt wird. Die Hochwasserschutzinfrastruktur wird anhand einer grün-schwarzen Linie gekennzeichnet.

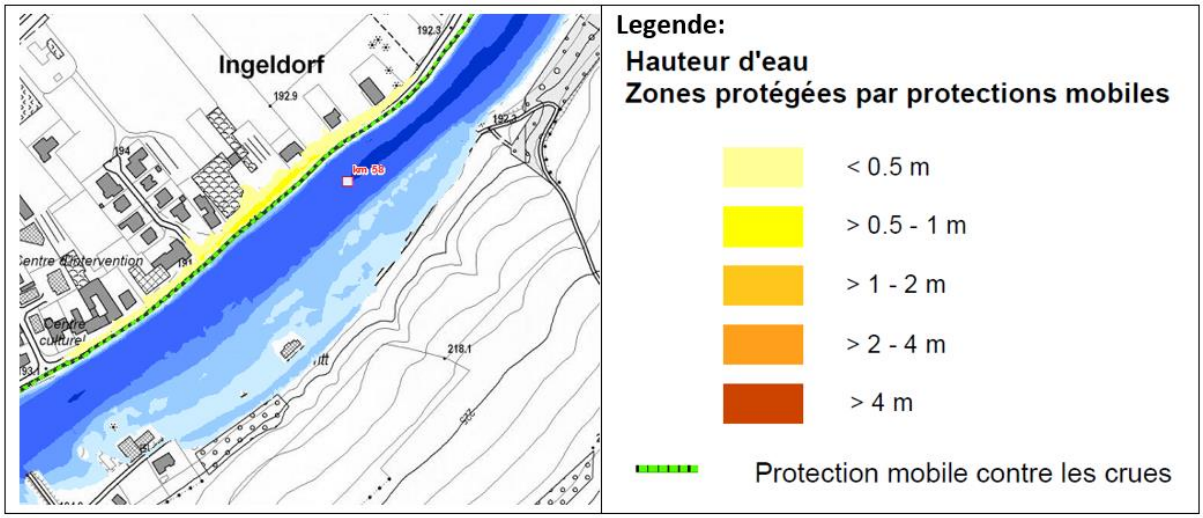


Abbildung 35: HWGK mit Angabe eines geschützten Bereiches

Die Hochwasserrisikokarten stellen die potenziellen, hochwasserbedingten, negativen Folgen aufgrund von Ereignissen unterschiedlicher Jährlichkeit dar. Hierbei wird Bezug genommen auf die Anzahl der betroffenen Bewohner, die Art der wirtschaftlichen Aktivitäten, Anlagen, die im Überschwemmungsfall zu Umweltverschmutzungen führen können (IED/SEVESO), Schutzzonen (Natura-2000, Trinkwasserwasserschutzzonen) und sensible Bauten (Krankenhäuser, Schulen, Altenheime) innerhalb der Überschwemmungsgebiete.

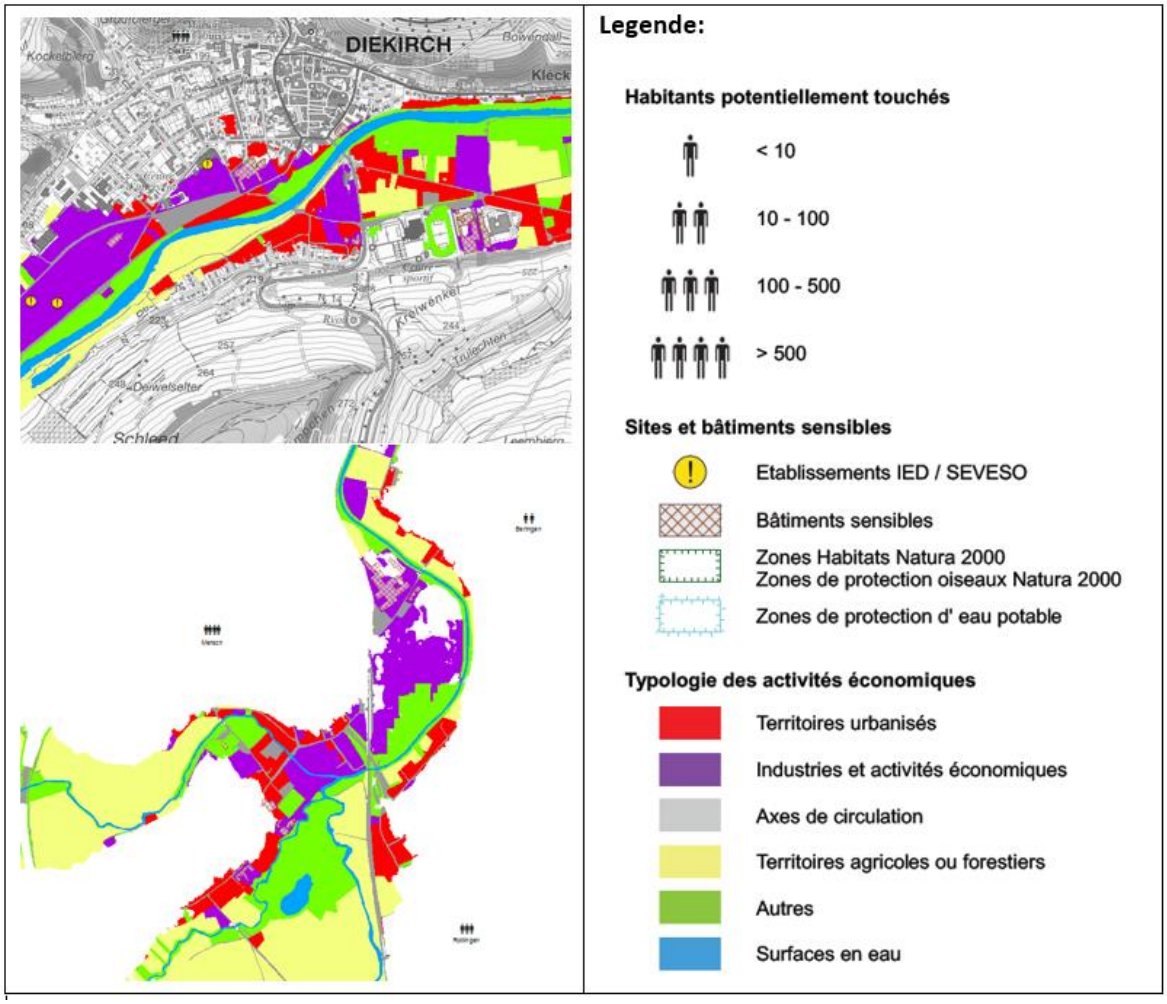


Abbildung 36: Darstellung der HWRK

Die unterschiedlichen Nutzungen werden anhand verschiedener Farben angegeben. Es wird unterschieden zwischen Siedlungsflächen, Industrie- und Gewerbeflächen, Verkehrswegen, Forts- und Landwirtschaftsflächen, sonstigen Flächen (Parkanlagen, Sportplätze, etc.) und Wasserflächen.

4.2.4 Zusammenfassung der öffentlichen Anhörung

Nach Artikel 56 und 57 des abgeänderten Wassergesetzes und Artikel 9 und 10 der HWRM-RL sollen die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten, bevor sie definitiv festgelegt werden, Gegenstand einer öffentlichen Anhörung sein. In diesem Beteiligungsprozess können private Bürger, Gemeinden oder Vereinigungen Anmerkungen zu den Karten abgeben.

Die Anhörung zu den HWGK und HWRK begann am 17. Juni 2019 und wurde mit einer Pressekonferenz am gleichen Tag vom Ministerium eingeleitet. Gleichzeitig wurde in 4 Tageszeitungen auf die öffentliche Anhörung aufmerksam gemacht.

Den betreffenden Gemeinden wurden neben allgemeinem Infomaterial die HWGK&HWRK in ausgedruckter Form zugeschickt. Diese sollten im Gemeindehaus ausgelegt und so den Bürgern verfügbar gemacht werden.

Zusätzlich wurden die HWGK und HWRK digital im Luxemburger Geoportail der Katasterverwaltung publiziert, wo sich die Bevölkerung die Karten in unterschiedlichen Maßstäben und unter der Möglichkeit, die Hintergrundkarten zu ändern, anschauen und bewerten konnte.

Insgesamt dauerte die Anhörung der Bevölkerung 3 Monate. Die Gemeinden haben gemäß Artikel 57 des abgeänderten Wassergesetztes einen Monat länger Zeit.

Die Anmerkungen konnten der Behörde auf verschiedenen Wegen mitteilt werden:

- Per Post an das Ministerium für Umwelt, Klima und nachhaltige Entwicklung
- Per E-Mail an die Adresse zones.inondables@eau.etat.lu
- Über die von der Katasterverwaltung entwickelte Feedback-Funktion auf eau.geoportail.lu
- Per Übergabe an die Gemeinde, welche die Anmerkungen an das Ministerium weiterleitet

Insgesamt wurden 32 Anmerkungen privater Bürger zugesendet. Hinzu kamen noch 90 Stellungnahmen von den Gemeinden zu den Karten. Alle Anmerkungen, das heißt alle Stellen, an denen auf Fehler hingewiesen wurde, wurden von der AGE überprüft. Wurde ein Hinweis als fundiert betrachtet, so wurde diese Stelle in den Karten angepasst.

Tabelle 10 gibt eine Übersicht über die Anmerkungen und Hinweise der Bevölkerung. Diese bezogen sich nur auf die Hochwassergefahrenkarten.

Tabelle 11: Anmerkungen der Bevölkerung zu den HWGK

	Anzahl	Begründet / Unbegründet
Gesamt	32	8 / 24
Pro Gewässer	Mosel: 1 Alzette: 12 Sauer: 6 Attert: 3 Mamer: 3 Syre: 1 Weiße Ernz: 2 Nicht-Risikogewässer: 4	Mosel: 1 / 0 Alzette: 0 / 12 Sauer: 6 / 0 Attert: 0 / 3 Mamer: 1 / 2 Syre: 0 / 1 Weiße Ernz: 0 / 2 Nicht-Risikogewässer: 0 / 4

Von den 90 Stellungnahmen der Gemeinden waren 62 positiv bzw. ohne Anmerkungen. Die Tabelle 11 gibt eine Übersicht über die eingegangenen Anmerkungen der Gemeinden bezogen auf die einzelnen Gewässer. Zur besseren Übersicht wurden alle einzelnen Anmerkungen einer Gemeinde zu einem Gewässer als eine Anmerkung zusammenfasst. Auch können Gemeinden doppelt vertreten sein, wenn auf ihrem Gebiet

beispielsweise 2 Risikogewässer verlaufen. Die Tabelle bezieht sich nur auf die Anmerkungen zu den Hochwassergefahrenkarten.

Tabelle 12: Übersicht der "Avis communaux" zu den HWGK

Gewässer	Anzahl „Avis communaux“	Positiv / Ohne Anmerkung	Begründet	Unbegründet
Alzette	17	13	3	1
Attert	6	4	1	1
Chiers	4	4	-	-
Clerve	5	5	-	-
Eisch	7	4	1	2
Gander	4	4	-	-
Mamer	9	8	-	1
Mosel	6	4	-	2
Our	6	6	-	-
Pall	2	2	-	-
Roudbach	2	1	1	-
Sauer	17	15	2	-
Schwarze Ernz	7	6	1	-
Syre	8	5	3	-
Wark	5	5	-	-
Weiße Ernz	7	5	2	-
Wiltz	6	6	-	-

Alle begründeten Anmerkungen führten zu Anpassungen an den Hochwassergefahrenkarten. Neben der Überprüfung der Anmerkungen aus der Bevölkerung und den Gemeinden wurden die Gefahrenkarten zusätzlich von der AGE und dem bearbeitenden Ingenieurbüro auf Unstimmigkeiten untersucht. Auch dies hatte zur Folge, dass einige Stellen überarbeitet wurden. Tabelle 12 gibt einen Überblick über die Anzahl aller Änderungen an den Gewässern.

Tabelle 13: Anzahl der Änderungen an den einzelnen Gewässern

Gewässer	Anzahl der Änderungen in den Karten
Alzette	16
Attert	4
Chiers	1
Clerve	8
Eisch	8
Gander	4
Mamer	13
Mosel	1
Our	2
Pall	3
Roudbach	4
Sauer	16
Schwarze Ernz	5
Syre	5
Wark	5
Weiße Ernz	11
Wiltz	7

Zu den Hochwasserrisikokarten kamen mehrere Anmerkungen der Gemeinden, welche darauf aufmerksam machten, dass die dargestellte überschwemmte Flächennutzung nicht mit der realen Nutzung vor Ort übereinstimmte. Das Projekt der Hochwasserrisikokarten wurde mit dem Datensatz der Flächennutzung von Luxemburg „Occupation biophysique du sol 2007“ erstellt. Dies war zu dem Zeitpunkt der aktuellste verfügbare Datensatz. Um den Anmerkungen Rechnung zu tragen, wurden die abschließenden Hochwasserrisikokarten mit

dem neu verfügbaren Datensatz „LandUse 2018“ erstellt. Beide Datensätze werden vom Ministerium für Umwelt, Klima und Nachhaltigkeit sowie dem Ministerium für Energie und Raumentwicklung zur Verfügung gestellt.

Des Weiteren wurden die HWGR und HWRK, gemäß zum Artikel 53 des abgeänderten Wassergesetztes dem „Comité pour la gestion de l’eau“ vorgestellt. Dieser befürwortete das Projekt.

Die aktualisierten HWGK und HWRK befinden sich aktuell in der Prozedur der Festsetzung per großherzoglicher Verordnung und können demnächst auf dem Geoportail angesehen werden.

4.2.5 Internationaler Austausch

Laut Artikel 6 Absatz 2 der HWRM-RL unterliegt die Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für nach Artikel 5 der HWRM-RL bestimmte Gebiete, die von mehreren Mitgliedstaaten geteilt werden, einem vorherigen Informationsaustausch zwischen den betreffenden Mitgliedstaaten. Auch Aktualisierungen von Hochwassergefahren- und -risikokarten für Gebiete, die von mehreren Mitgliedstaaten geteilt werden, unterliegen dem Erfordernis des vorherigen Informationsaustausches. Für die unverändert weitergeführten Karten wurde die erforderliche Abstimmung bereits im vorausgegangenen Zyklus durchgeführt.

Die Abstimmung fand am 30. Juni 2019 in Luxemburg statt. Anwesend waren Vertreter der jeweiligen Mitglieder der IKSMS. Hierbei wurden die Entwürfe der HWGK und HWRK Frankreichs, Deutschlands, Belgiens und Luxemburgs besprochen und entschieden, dass Landesgrenzen dann ausgeblendet werden sollten, wenn die HWGK sie überschreiten.

4.2.6 Gesetzliche Festsetzung der Überschwemmungsgebiete

Nach der Fertigstellung der HWGK und HWRK wurden die großherzoglichen Verordnungen erstellt. Diese traten am 30. März in Kraft. Somit sind die in den HWGK dargestellten Überschwemmungszonen rechtlich geltend und heben die früheren HWGK (2013) auf.

Die HWGK und HWRK wurden anhand von großherzoglichen Verordnungen festgesetzt:

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de la Sûre inférieure, de l’Ernz blanche et de l’Ernz noire.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de l’Alzette et de la Wark.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de la Sûre supérieure, de la Wiltz, de la Clerve et de l’Our.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de la Moselle et de la Syre.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de la Mamer et de l’Eisch.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de la Gander et de la Chiers.

Règlement grand-ducal du 30 mars 2022 déclarant obligatoires les cartes des zones inondables et les cartes des risques d’inondation pour les cours d’eau de l’Attert, de la Roudbaach et de la Pall.

4.3 Hochwasserrisikomanagement-Plan

In Anlehnung an Artikel 7 der HWRM-RL und konform zu Artikel 38 des Wassergesetztes wurde für die betroffenen Flusseinzugsgebiete des Rheins und der Maas auf luxemburgischen Territorium ein gemeinsamer HWRM-PL erstellt.

Dieser wurde in einer ersten Phase als Entwurf zum hier vorliegenden HWRM-PL, inklusive des vorläufigen Maßnahmenkataloges sowie des Dokumentes zur Starkregenrisikomanagement am 24. Juni veröffentlicht.

4.3.1 Umsetzung des Maßnahmenprogrammes aus Zyklus 1

Im ersten Managementplan wurden Ziele für alle Phasen des Hochwasserzyklus, also vor, während und nach einem Hochwasser, benannt. Anders ausgedrückt verfolgte er die Aspekte Vermeidung, Schutz, Vorsorge sowie Wiederherstellung/Regeneration für alle drei Hochwasserszenarien. Die Festlegung der Ziele geschah an Anlehnung an die Oberziele der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA, 2013):

- Vermeidung neuer Risiken,
- Reduktion bestehender Risiken (Vorsorge),
- Reduktion nachteiliger Folgen während des Hochwassers (Bewältigung),
- Reduktion nachteiliger Folgen nach einem Hochwasser (Nachsorge),

Anhand regionaler Erfordernisse wurden mit verschiedenen Akteuren angepasste Ziele formuliert und in einen Zielkatalog aufgenommen. Aus diesem wurden anschließend Maßnahmenarten zugeordnet.

Bezogen auf die Schutzgüter wurden folgende Hauptziele festgelegt:

- Menschliche Gesundheit: Reduktion der von Hochwasser betroffenen Bevölkerung,
- Umwelt: Vermeidung bzw. Reduktion der Umweltschäden,
- Kulturerbe: Reduktion des vorhandenen Hochwasserrisikos,
- Wirtschaftliche Tätigkeiten und erhebliche Sachwerte: Vermeidung neuer, bzw. Reduktion vorhandener Hochwasserrisiken.

Den Zielen wurden anschließend Maßnahmen aus dem LAWA-Maßnahmenkatalog zugeteilt.

Im Vordergrund der Zielplanung für das Hochwasserrisikomanagement stand im ersten HWRM-Plan die Festlegung von risikomindernden Maßnahmen, die kurzfristig umgesetzt werden können. Ein weiterer Fokus lag auf der Kombination mit Maßnahmen zur Umsetzung der Wasserrahmenrichtlinie (WRRL).

Insgesamt wurden 885 Einzelmaßnahmen festgelegt. Tabelle 13 zeigt die Aufteilung der Maßnahmen auf Ziele der HWRM-RL:

Tabelle 14: Übersicht der Maßnahmen

Aspekt	Anzahl der Maßnahmen
Gesamt	893
Vermeidung	18
Schutz	833
Vorsorge	16
Wiederherstellung	1
Konzepte (*)	25

(*) Bei den Konzepten handelte es sich um strategisch-konzeptionelle Maßnahmen die übergeordnet auf Ebene des Landes umgesetzt werden. Die Maßnahmen können einen unterschiedlichen inhaltlichen Bezug haben, wurden auch unterschiedlichen EU-Aspekten zugeordnet und sind daher gesondert aufgeführt.

Man erkennt, dass vor allem in der Kategorie „Schutz“ sehr viele Einzelmaßnahmen ausgewiesen wurden. Von diesen 893 Maßnahmen waren 742 sogenannte „WIN-WIN-Maßnahmen“, also solche, die aus dem Maßnahmenkatalog der WRRL stammen und von denen man sich einen positiven Effekt für die Hochwassersituation erhoffte.

Tabelle 14 gibt einen Überblick über den Stand der Umsetzung dieser Maßnahmen. Es wird unterschieden zwischen den „reinen“ Hochwassermaßnahmen und den „WIN-WIN-Maßnahmen“. Hinsichtlich des Fortschrittes gibt es die Kategorien „nicht begonnen“, „in Umsetzung“ und „umgesetzt“.

Tabelle 15: Stand der Umsetzung der Maßnahmen

Aspekt	Maßnahmen	Nicht begonnen	In Umsetzung	Umgesetzt
Schutz HWRM	91	27	20	44
Schutz WRRL (*)	742	608	67	66
Vorsorge	16	4	0	12
Vermeidung	18	10	0	8
Wiederherstellung	1	0	0	1
Konzeption	25	5	0	20

(*) Stand Bewirtschaftungsplan 2, Januar 2021

4.3.2 Zusammenfassung der öffentlichen Anhörung zum Entwurf des HWRM-PL

Nach Artikel 56 und 57 des abgeänderten Wassergesetzes und Artikel 9 und 10 der HWRM-RL soll der HWRM-PL, bevor er finalisiert und vom Regierungsrat angenommen wird, Gegenstand einer öffentlichen Anhörung sein. In diesem Beteiligungsprozess können private Bürger, Gemeinden oder Vereinigungen Anmerkungen zum Plan abgeben.

Die Anhörung zum Entwurf des Planes begann am 24. Juni 2021 und wurde mit einer Pressekonferenz am gleichen Tag vom Ministerium eingeleitet. Gleichzeitig wurde in 4 Tageszeitungen auf die öffentliche Anhörung aufmerksam gemacht. Die Umweltministerin hat zudem zu einer öffentlichen Videokonferenz am 12. Juli 2021 eingeladen und hat somit den Einwohnern Luxemburgs Fragen zum HWRM-Plan beantworten können.

Der HWRM-PL wurde auf der Internetpräsenz von AGE und MECDD sowie auf dem nationalen Portal für Beteilungsverfahren veröffentlicht.

Insgesamt dauerte die Anhörung der Bevölkerung 3 Monate. Die Gemeinden haben gemäß Artikel 57 des abgeänderten Wassergesetztes einen Monat länger Zeit.

Die Anmerkungen konnten der Behörde auf verschiedenen Wegen mitteilt werden:

- Per Post an das Ministerium für Umwelt, Klima und nachhaltige Entwicklung
- Per E-Mail an die Adresse di@eau.etat.lu
- Per Übergabe an die Gemeinde, welche die Anmerkungen an das Ministerium weiterleitet
- Über das nationale Portal für Beteilungsverfahren

Insgesamt wurden 9 Anmerkungen privater Bürger zugesendet. Hinzu kamen noch 68 Stellungnahmen von den Gemeinden sowie 3 Stellungnahmen von anderen Institutionen (Comité pour la gestion de l'eau, Syndicat intercommunal de dépollution des eaux résiduaires de l'est SIDEST und dem Département de l'aménagement du territoire des Ministeriums für Energie und Raumentwicklung). Die Stellungsnahme der Flusspartnerschaft der Chiers wurde über die Mitgliedsgemeinden übermittelt.

Alle Stellungnahmen wurden von der AGE geprüft und zum Teil in den HWRM-PL integriert.

Von den 68 der Gemeinden Stellungnahmen waren 34 positiv, darunter 18 ohne jegliche Anmerkungen. Weitere 4 Stellungnahmen waren ebenfalls ohne Stellungnahme. 37 neutrale Stellungnahmen enthielten Anmerkungen, sowie auch die 2 negativen Stellungsnahmen.

Die drei Stellungnahmen der Institutionen sowie der Privatbürger waren neutral mit Anmerkungen.

4.3.3 Strategische Umweltprüfung (SUP) des Entwurfes des HWRM-Planes

Nach den Vorgaben der Richtlinie 2001/42/EG über die Prüfung der Umweltaus-wirkungen bestimmter Pläne und Programme ist für den HWRM-PL nach HWRM-RL eine Strategische Umweltprüfung (SUP) durchzuführen. Die Vorgaben der Richtlinie 2001/42/EG wurden im Großherzogtum Luxemburg durch das Gesetz vom 22. Mai 2008 « relative à certains plans et programmes sur l´environnement » rechtlich umgesetzt.

Ziel der SUP ist es, Planungen zu vermeiden, die zu erheblichen Umweltproblemen führen könnten. Sie dient dazu, im Vorlauf und in Ergänzung zu den projektbezogenen Umweltverträglichkeitsprüfungen für die Einzelmaßnahmen die Umweltauswirkungen des HWRM-PL in ihrer Gesamtheit zu ermitteln, zu beschreiben und zu bewerten.

In einem ersten Schritt wird der Untersuchungsrahmen der SUP bestimmt. Ein Scoping-Bericht als Vorschlag des Untersuchungsrahmens wird hierzu an alle zu beteiligenden Behörden geschickt. Vorschläge zur Änderung des Untersuchungsrahmens sollen der Administration de la Gestion de l´eau (AGE) gemeldet werden. Nach Abschluss und Auswertung des Scopings steht dann der überarbeitete Untersuchungsrahmen.

Anschließend wird der Entwurf des Umweltberichtes fertiggestellt. Er identifiziert und benennt die voraussichtlichen erheblichen Umweltauswirkungen bei Durchführung bzw. Umsetzung des luxemburgischen HWRM-PL gemäß den Maßgaben des Artikels 5 des Gesetzes vom 22. Mai 2008. Weiterhin werden im Umweltbericht die im Scoping eingegangenen Stellungnahmen sowie die Freigabe durch den (Interims-)Minister für Umwelt, Klima und nachhaltige Entwicklung entsprechend Artikel 6.3 des Gesetzes dokumentiert.

Nach Artikel 7.1 des Gesetzes vom 22. Mai 2008 muss der Entwurf zum Umweltbericht der Öffentlichkeit zur Beteiligung zur Verfügung gestellt werden. Dies geschieht durch Veröffentlichung auf der Internetpräsenz von AGE und MECDD sowie auf dem nationalen Portal für Beteilungsverfahren.

Die Anhörung der Bevölkerung dauert in dieser Prozedur 45 Tage.

5 Bewertung des Hochwasserrisikos

Hochwasserrisiko wird nach der Richtlinie definiert als die „Kombination der Wahrscheinlichkeit des Eintritts eines Hochwasserereignisses und der hochwasserbedingten potenziellen nachteiligen Folgen auf die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten“.

Allgemein beschreibt das Risiko den Zusammenhang zwischen gewissen Ereignissen beziehungsweise einer Gefährdung und einer negativen Auswirkung. Im Fall von Hochwasserrisiko hängt die Gefährdung besonders von der Intensität und der Eintrittswahrscheinlichkeit eines Hochwasserereignisses ab. Die negativen Auswirkungen hängen von der Vulnerabilität ab. Sie setzt sich aus der Exposition (also dem „Ausgesetzt sein“), der Resistenz/Widerstandsfähigkeit/Anfälligkeit von Risikoelementen gegenüber einer Gefahr sowie deren Wert zusammen.

Zur Auswertung des Hochwasserrisikos des Landes Luxemburg werden zwei Ansätze verfolgt, welche beide auf den Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten beruhen. Zum einen wird das Hochwasserrisiko anhand der neu erstellten Hochwasserrisikokarten bestimmt. Aus diesen kann man die Betroffenheit einzelner Nutzungen (beispielsweise der Siedlungsbereiche) oder die Anzahl potenzielpotenziell betroffener Personen ermitteln. Es handelt sich also um einen quantitativen Ansatz. Zum anderen wurde eine Schadenspotenzialstudie beauftragt, welche, auf Basis der Hochwassergefahrenkarten, das Hochwasserrisiko anhand eines potenzielpotenziellen monetären Schadens benennen. Dieser qualitative Ansatz vervollständigt die Risikobetrachtung bei Hochwasser.

Zuerst soll aber auf Basis der Hochwassergefahrenkarten aufgezeigt werden, wie groß die Überschwemmungsgebiete der einzelnen Hochwasserrisikogewässer pro gerechnetem Szenario sind. Dies kann eine erste Übersicht über die Gefährdung bei Hochwasser geben. Tabelle 15 zeigt die Ergebnisse dieser Auswertung.

Tabelle 16: Gesamtüberschwemmungsflächen pro Gewässer und Szenario in [ha]

Gewässer	HQ_{10} [ha]	HQ_{100} [ha]	HQ_{ext} [ha]
Alzette	1055,37	1416,39	1669,24
Attert	196,82	290,10	353,33
Chiers	19,54	53,88	99,19
Clerve	250,38	299,66	336,63
Eisch	236,29	391,27	471,91
Weiße Enrz	93,40	128,92	158,68
Schwarze Ernz	56,52	75,86	90,23
Gander	18,23	18,60	37,95
Mamer	105,21	148,83	186,59
Mosel	735,42	893,01	1017,65
Our	189,90	224,01	247,05
Pall	48,52	74,14	85,43
Roudbaach	23,46	43,98	57,27
Sauer	923,46	1237,69	1431,39
Syre	204,59	336,92	403,14
Wark	115,38	162,09	202,07
Wiltz	128,96	161,25	181,29
Gesamt	**4401,43**	**5956,60**	**7029,02**

Bei den hier aufgezeigten Überschwemmungsflächen wurden nur die Bereiche innerhalb des Landes berücksichtigt. Vergleicht man dies mit der Gesamtfläche des Landes (2.568 km^2) so ergibt sich, dass bei HQ_{10} 1,71 %, bei HQ_{100} 2,32 % und bei HQ_{ext} 2,74 % der Fläche des Landes potenzielle Überschwemmungsflächen darstellen.

5.1 Auswertung der Hochwasserrisikokarten

Die Bestimmung des Hochwasserrisikos anhand der Hochwasserrisikokarten erfolgt in gleicher Vorgehensweise wie bei der „Vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos“ 2018. Durch Verschneidung der neu ermittelten Überschwemmungsbereiche der drei Hochwasserszenarien mit Flächennutzungsdaten kann ermittelt werden, welche Schutzgüter bei Hochwasser betroffen sind.

5.1.1 Auswertung der Siedlungsflächen und betroffenen Personen

Zur Bestimmung der betroffenen Siedlungsbereiche wurde der Datensatz „Limites administratives du Grand-Duché de Luxembourg“ der Katasterverwaltung (Stand 2016), der vorhin bereits erwähnte „Landuse 2018“ Flächennutzungsdatensatz sowie die Gesamteinwohnerzahl (STATEC, 2019) verwendet.

Bei der Auswertung wurden vier verschiedene Szenarien berücksichtigt:

- Betroffene Siedlungsbereiche [ha] pro Gemeinde;
- Bertoffene Siedlungsbereiche [ha] pro Gewässer;
- Potenziell betroffene Personen pro Gemeinde;
- Potenziell betroffene Personen pro Gewässer.

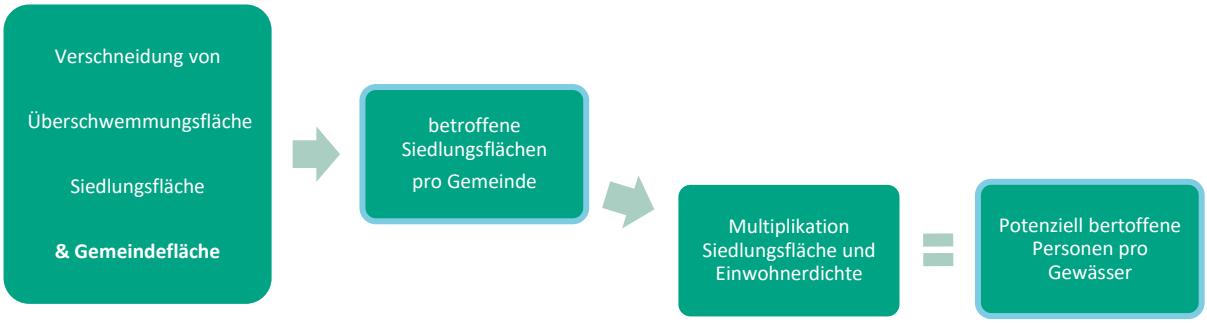
So ist es möglich, das Hochwasserrisiko auf unterschiedlichen Ebenen zu erfassen, also auf Ebene eines Risikogewässers oder spezifisch auf eine Gemeinde bezogen. Dies auch vor dem Hintergrund, dass einzelne Gemeinden von mehreren Risikogewässern betroffen sein können. Die Unterscheidung zwischen Siedlungsbereichen und betroffenen Personen ermöglicht es zum einen, die absolut überschwemmten Siedlungsbereiche zu erfassen und zum anderen, die Bevölkerungsdichte einer Gemeinde zu berücksichtigen.

Zur Auswertung wurde der Flächennutzungsdatensatz angepasst. So wurden in diesem Arbeitsschritt alle Flächen, welche der Nutzung „Siedlung“ oder einfach gesagt „Wohnbereiche“ zuzuordnen sind, zusammengefasst.

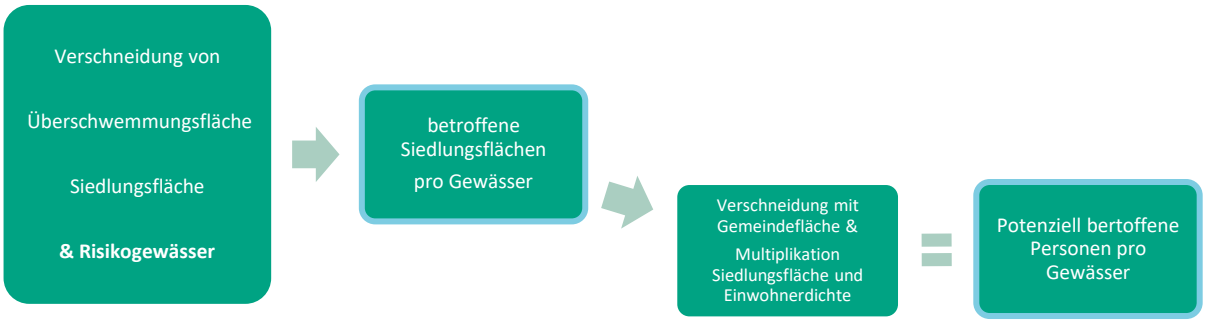
Zur Berechnung der potenziell von einem Hochwasserereignis betroffenen Personen wird die Einwohnerdichte verwendet. Da für die Auswertung der Personenschäden nur die Siedlungsflächen einer Gemeinde berücksichtigt werden, musste eine Einwohnerdichte bestimmt werden, welche sich ebenfalls nur auf die Siedlungsflächen bezieht. Wichtig ist es hier zu erwähnen dass es sich bei den potenziell betroffenen Personen um eine Schätzung handelt.

Diese spezifische Einwohnerdichte wurde auf Basis der Einwohnerzahl und der gesamten Siedlungsfläche der Gemeinde berechnet, und nicht, wie üblich, auf Basis der Gesamtfläche der Gemeinde. Die Berechnung der betroffenen Personen anhand der „normalen“ Einwohnerdichte, sprich Einwohner pro Gesamtfläche der Gemeinde, würde zu Unterschätzung der betroffenen Personen führen.

Die Auswertung pro Gemeinde nach Siedlungsfläche und Personen wird in folgendem Schema beschrieben:



Die Bestimmung nach Risikogewässer wird in folgendem Schema beschrieben:



Die Siedlungsflächen, die bei Hochwasser betroffen sind, werden auch in den HWRK angezeigt. Die rote Schraffur macht sie erkennbar. Auch geben die HWRK die Anzahl an potenziell betroffenen Personen wieder, zusammengefasst in einer 4-stufigen Skala.

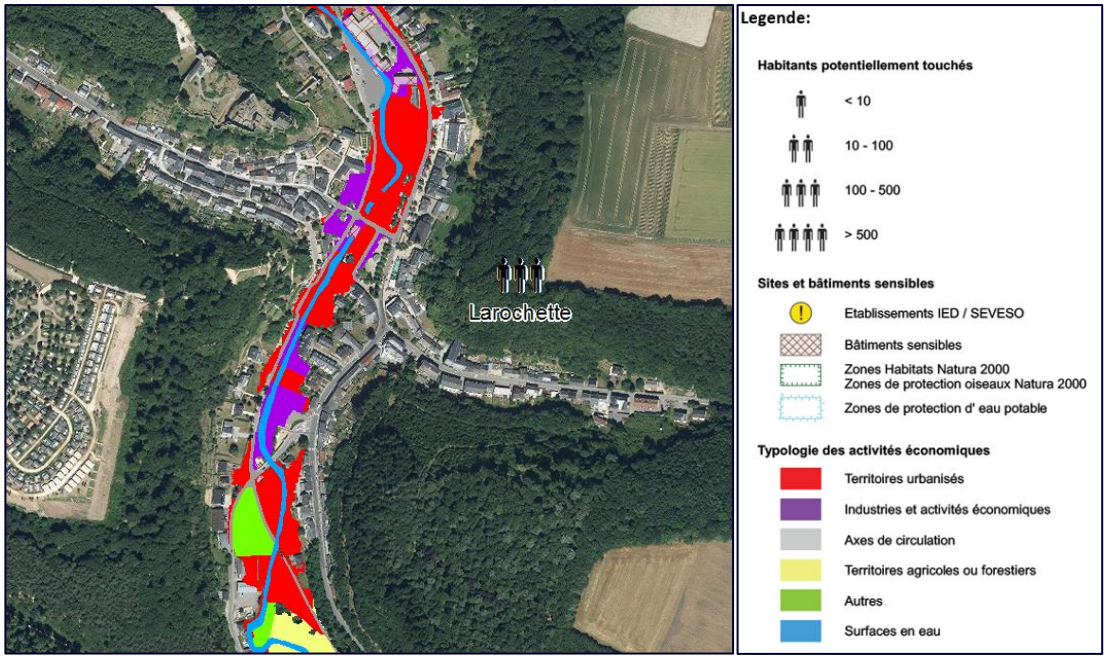


Abbildung 37: HWRK mit Markierung der betroffenen Siedlungsbereiche und Personen

Die Betroffenheit der Risikogewässer in Bezug auf Siedlungsfläche und Personen wird auf den folgenden Seiten anhand jeweils zweier Tabellen und Abbildungen dargestellt. Anschließend werden in gleicher Weise die Gemeinden thematisiert. Aufgrund der großen Anzahl an Gemeinden und zur besseren Lesbarkeit der Tabellen werden hier nur die höchsten Werte angegeben.

Tabelle 17: Betroffene Siedlungsflächen [ha] pro Risikogewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Alzette	16,53	53,38	100,15
Attert	3,41	10,51	15,19
Chiers	0,08	0,89	6,73
Clerve	3,94	7,59	11,18
Eisch	4,73	12,99	19,08
Weiße Ernz	3,61	7,16	11,69
Schwarze Ernz	0,80	1,46	3,08
Gander	0,84	2,54	5,88
Mamer	2,14	3,92	6,79
Mosel	24,86	56,86	81,31
Our	0,76	2,45	5,28
Pall	0,49	1,51	1,81
Roudbaach	0,94	3,78	5,55
Sauer	24,49	97,07	138,67
Syre	5,20	10,52	19,81
Wark	1,82	6,45	15,01
Wiltz	1,95	3,79	5,02
GESAMT:	96,59	282,85	452,25

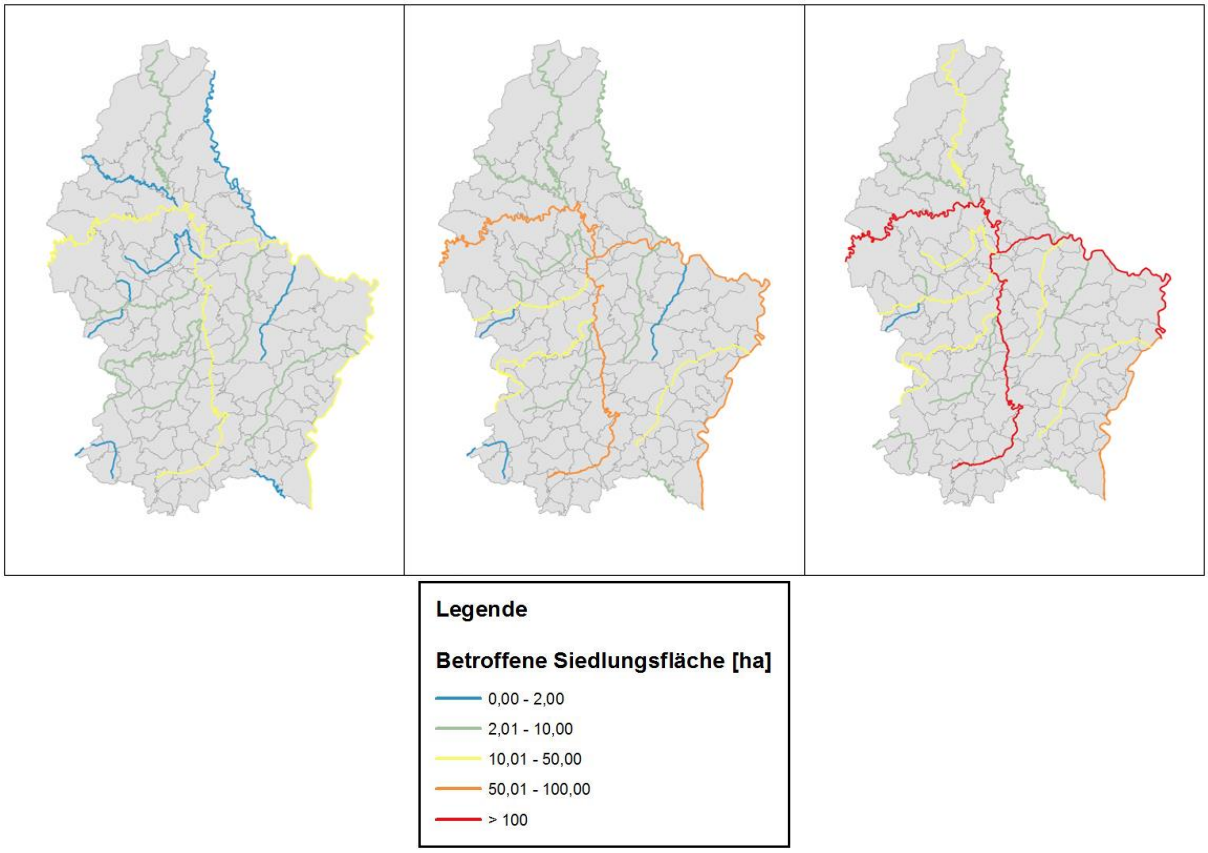


Abbildung 38: Betroffene Siedlungsfläche pro Gewässer

Tabelle 18: Potenziell betroffene Personen pro Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Alzette	1077	3440	6953
Attert	112	365	521
Chiers	8	41	351
Clerve	87	180	274
Eisch	176	477	698
Weiße Ernz	146	286	478
Schwarze Ernz	28	49	99
Gander	38	119	289
Mamer	84	154	270
Mosel	969	2229	3238
Our	36	121	260
Pall	13	39	46
Roudbaach	24	94	138
Sauer	1106	3988	5647
Syre	168	333	632
Wark	72	353	937
Wiltz	67	124	167
GESAMT:	4211	12392	20998

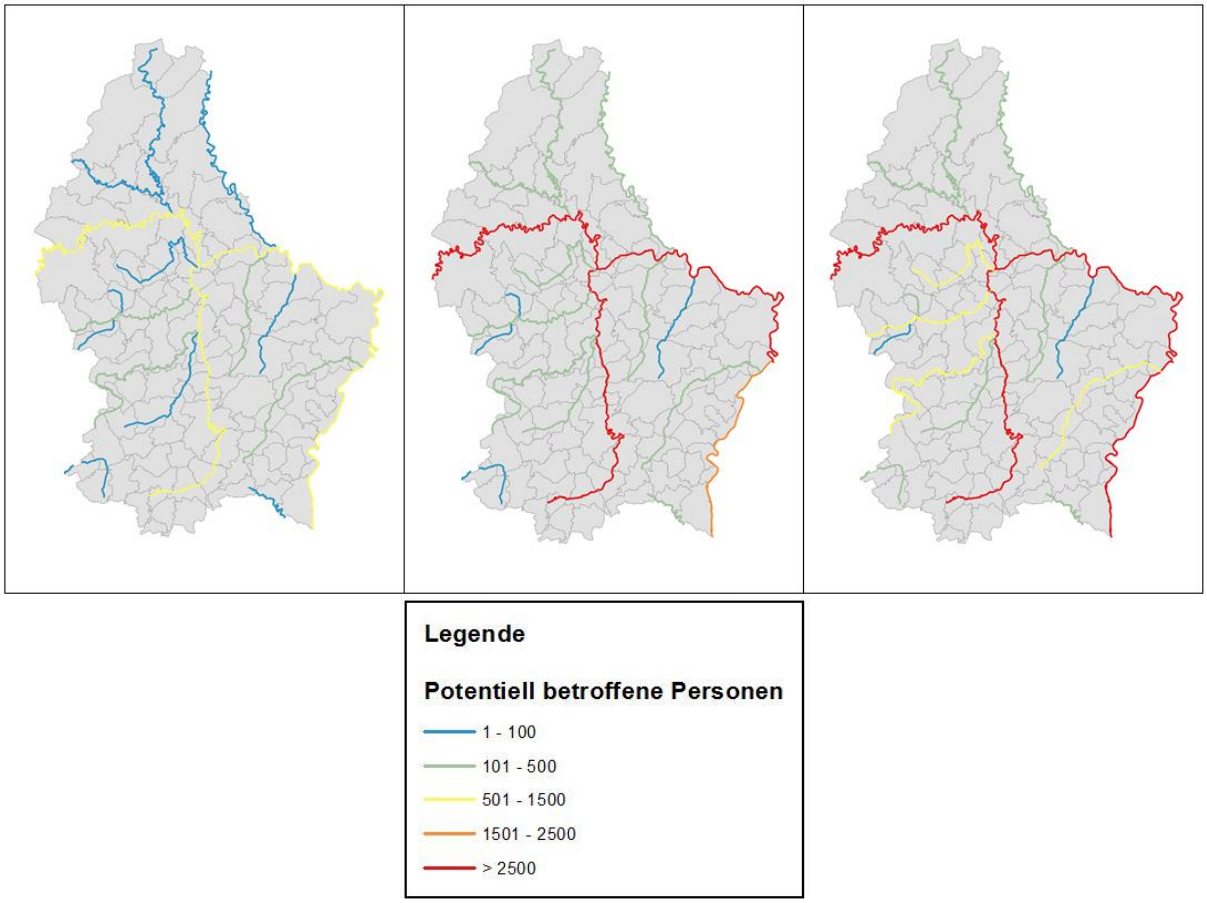


Abbildung 39: Pot. betroffene Personen pro Gewässer und Szenario

Tabelle 19: Betroffene Siedlungsfläche pro Gemeinde (Übersicht)

Gemeinde	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Erpeldange-sur-Sûre	1,64	22,91	31,25
Schengen	12,73	22,39	28,18
Bettendorf	5,46	18,95	26,22
Rosport-Mompach	2,24	14,56	22,13
Diekirch	6,24	14,53	19,32
Mersch	3,30	11,47	17,99
Luxembourg	2,74	10,08	18,60
Wormeldange	2,36	9,85	15,03
Remich	5,12	9,36	12,24
Echternach	0,55	8,93	13,95
Stadtbredimus	2,39	8,55	13,54
Ettelbruck	1,28	8,40	19,17
Lintgen	2,49	7,67	9,54
Steinsel	0,78	6,71	10,17
Bettembourg	2,86	6,08	8,89
Habscht	1,78	5,40	8,79
Bissen	1,23	5,38	7,53

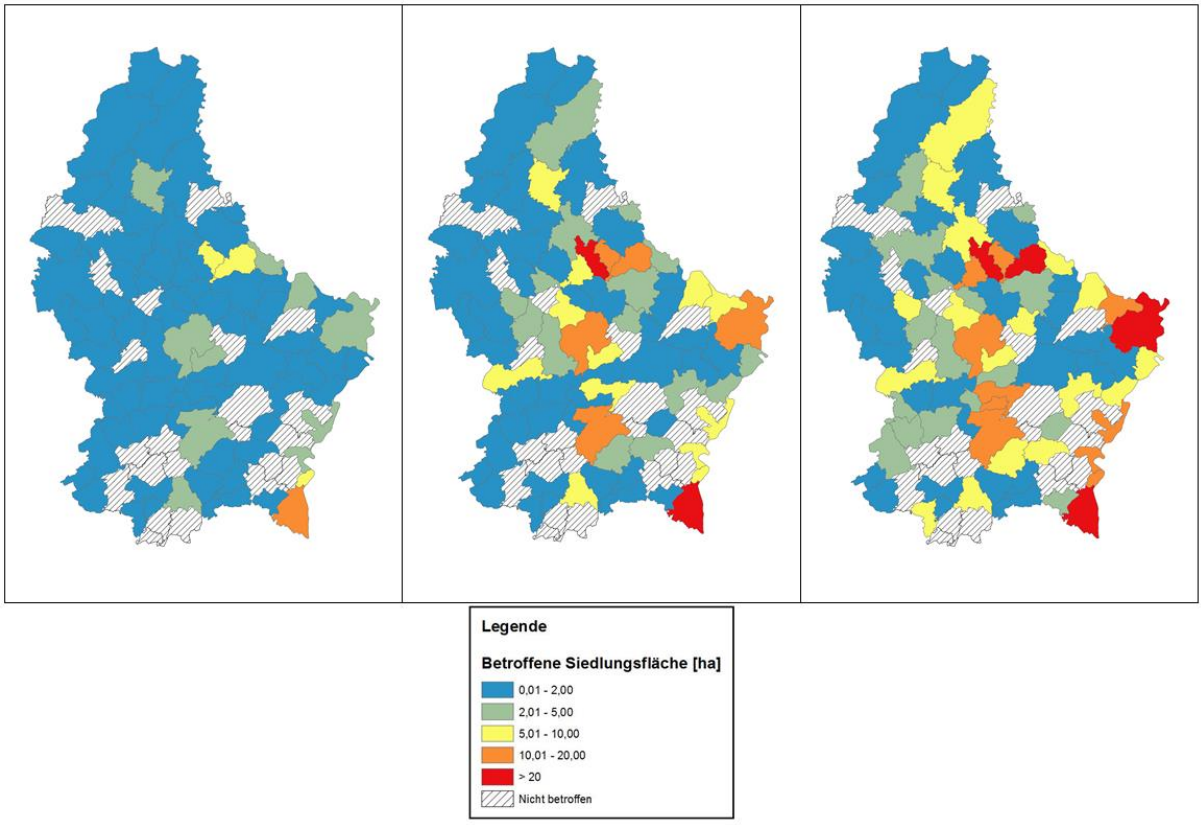


Abbildung 40: Betroffene Siedlungsfläche pro Gemeinde und Szenario

Tabelle 20: Potenziell betroffene Personen pro Gemeinde (Übersicht)

Gemeinde	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Diekirch	499	1162	1545
Luxembourg	318	1152	2122
Erpeldange-sur-Sûre	52	719	981
Schengen	387	678	853
Ettelbruck	102	664	1514
Bettendorf	190	655	905
Mersch	157	541	846
Echternach	33	521	813
Remich	284	519	679
Rosport-Mompach	72	457	692
Bettembourg	179	380	555
Wormeldange	89	363	551
Lintgen	115	347	433
Stadtbredimus	79	275	437
Grevenmacher	72	267	437
Steinsel	31	255	386
Bissen	52	225	315

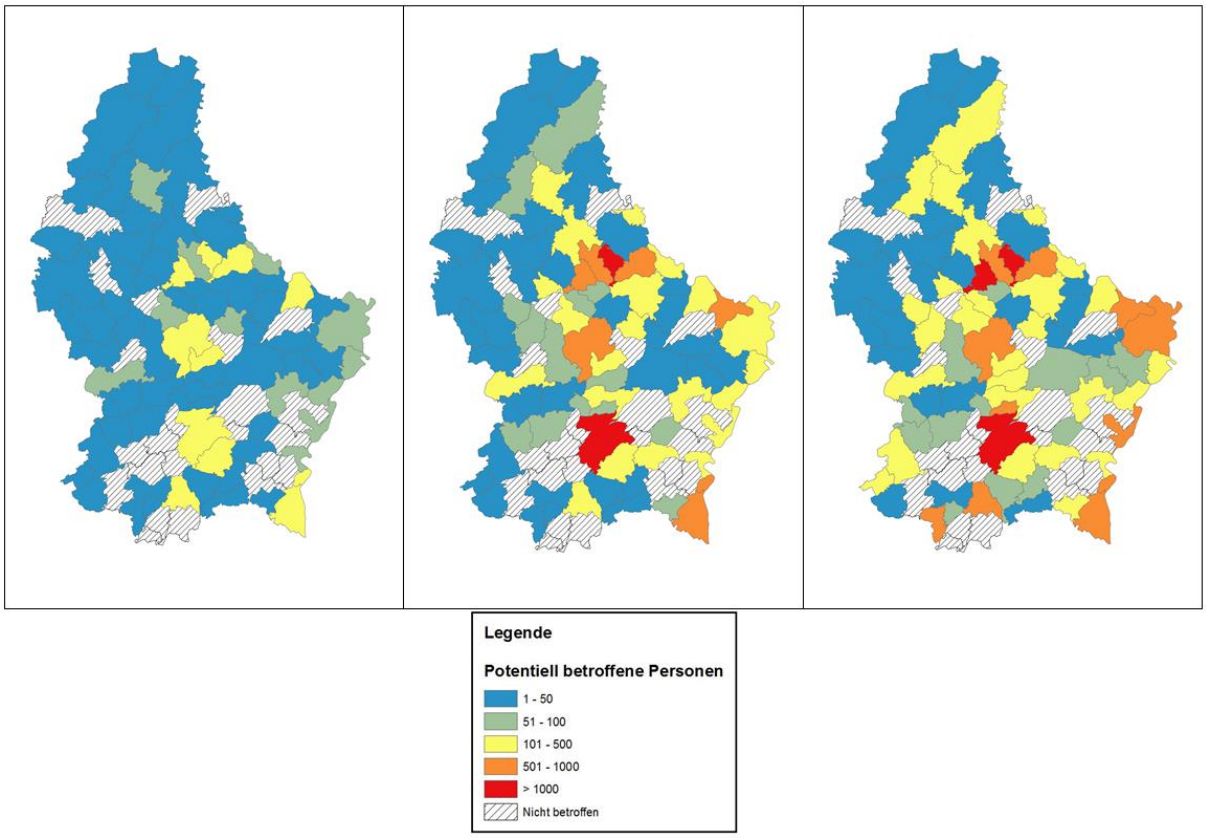


Abbildung 41: Pot. betroffene Personen pro Gemeinde und Szenario

Aus den Tabellen und Grafiken oben wird ersichtlich, dass an allen Risikogewässern Siedlungsflächen und potenziell Personen betroffen sind und diese Betroffenheit zum Teil ganz unterschiedlich groß ausfallen kann.

Betrachtet man die Ebene der Gewässer, so erkennt man, dass vor allem an den Gewässer Alzette, Sauer und Mosel besonders viele Siedlungsflächen und Personen betroffen sind. Aber auch an anderen Gewässern wie etwa Attert, Chiers, Clerve, Eisch, Gander, Mamer, Our, Weiße Ernz, Wark, Wiltz und Syre sind die Werte hoch.

Hinsichtlich der Gemeinden bestätigt sich die hohe Betroffenheit an den Gewässern der Alzette, Sauer und Mosel. Viele Anliegergemeinden dieser Gewässer weisen hohe potenzielle Betroffenheit auf. Hinzu kommt, dass einige Gemeinden an mehreren Gewässern liegen, wie beispielsweise die Gemeinde Mersch, die vom Hochwasser der Alzette, Mamer und/oder der Eisch überschwemmt werden kann. Insgesamt ergeben sich 30 Gemeinden, die bei einem HQ_{100} mehr als 100 potenziell betroffene Personen aufweisen. 17 hiervon weisen über 200 Personen auf.

Bezogen auf die gesamte Einwohnerzahl Luxemburgs wären im Falle des HQ_{10} 0,67 % der Bevölkerung von Hochwasser betroffen. Bei einem HQ_{100} wären es 2 % und bei einem extremen Hochwasser schon 3,35 %.

Die Resultate bestätigen die Ergebnisse der Studie zur vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos von 2018.

5.1.2 Auswertung der sensiblen Gebäude und kulturellen Einrichtungen

Neben der Auswertung von betroffenen Siedlungsflächen wurden nach gleichem Verfahren, also der Verschneidung der Hochwassergefahrenkarten mit flächenhaften Daten, alle sich in den Überschwemmungsgebieten befindlichen sensiblen Gebäude und kulturellen Einrichtungen erfasst. Hierbei wurde auf die Datenbank *„Base de données luxembourgeoise topo-cartographique“* (BD-L-TC 2015, ACT) zurückgegriffen. Bei den sensiblen Gebäuden wurden all jene berücksichtigt, welche sich der Nutzung Schule bzw. Weiterbildung und Krankenhaus bzw. Pflegeeinrichtung zuordnen ließen. Hierbei handelt es sich um Gebäude, die im Hochwasserfall unter Umständen evakuiert werden müssen. Zu den kulturellen Einrichtungen wurden neben den Gebäuden mit religiöser Nutzung wie Kirchen oder Kapellen auch die Museen, Bibliotheken oder Theater gezählt. Bei solchen Gebäuden ist im Fall einer Überschwemmung mit einem erhöhten Sachschaden zu rechnen.

Die Tabellen 20 und 21 zeigen, wie viele dieser Einrichtungen pro Gewässer und Szenario betroffen sind.

Tabelle 21: Sensible Gebäude im Überschwemmungsgebiet

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Alzette	5	27	47
Attert	0	3	3
Chiers	0	0	1
Clerve	2	4	4
Eisch	0	1	1
Weiße Ernz	2	3	4
Schwarze Ernz	0	0	1
Gander	0	1	1
Mosel	2	2	7
Our	0	1	1
Sauer	5	19	25
Syre	2	3	4
Wark	0	0	5
Wiltz	0	1	1

Tabelle 22: Kulturelle Einrichtungen im Überschwemmungsgebiet

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Alzette	4	10	22
Attert	1	2	3
Clerve	0	0	1
Eisch	3	3	4
Weiße Ernz	3	3	4
Mamer	0	0	1
Mosel	9	12	17
Our	0	0	1
Pall	0	2	2
Roudbach	0	1	1
Sauer	1	9	17
Syre	0	3	4
Wark	9	1	2

Bei diesen Auflistungen ist zu beachten, dass unter Umständen nicht alle aktuell bestehenden Einrichtungen berücksichtig wurden. Da der Datensatz von 2015 ist, sind Gebäude, die nach diesem Datum errichtet wurden nicht enthalten. So wurden beispielsweise das Lycée in Clerve und die Grundschule in Manternach manuell hinzugefügt. Auch kann hier nur wiedergegeben werden, ob sich ein Gebäude im Überschwemmungsgebiet befindet, jedoch nicht in wie fern Hochwasserschäden zu erwarten sind.

Die sensiblen Gebäude sind auch Gegenstand der HWRK. Sie werden durch eine Schraffur hervorgehoben und sind so schnell erkennbar, wie Abbildung 38 zeigt.

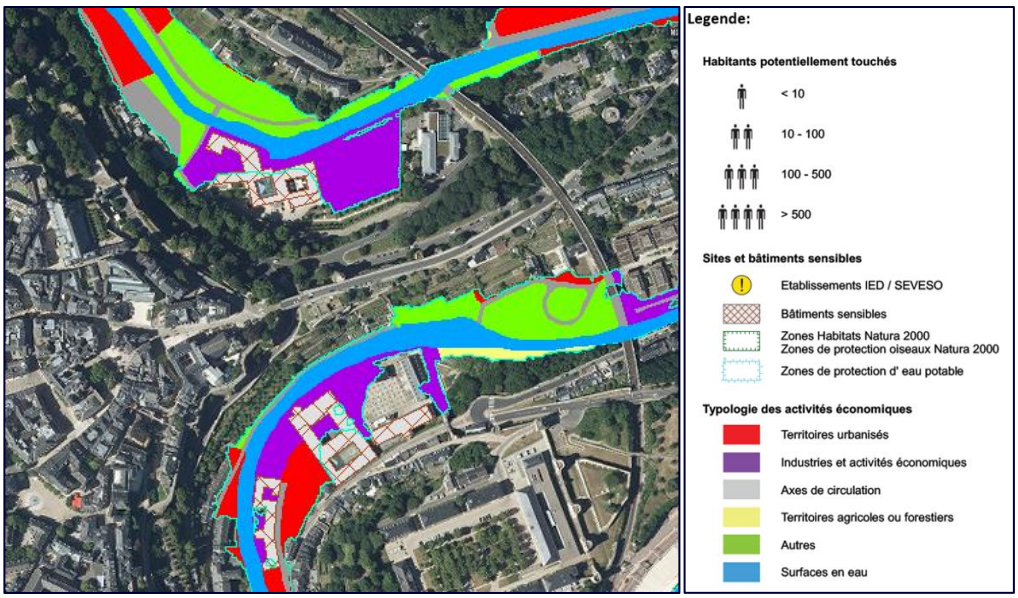


Abbildung 42: HWRK mit Angabe sensibler Gebäude

Des Weiteren wurde noch untersucht, inwiefern irgendwelche Stätten, die auf der Liste des UNESCO Weltkulturerbe stehen, von Hochwasser betroffen sind. Es hat sich herausgestellt, dass die Altstadt Luxemburgs mit ihren historischen Stadtvierteln, Weltkulturerbe seit 1994, zum Teil gefährdet ist. Dies betrifft besonders die Abtei Neumünster, erbaut 1606, und das Altenpflegeheim von Pfaffenthal, erbaut 1687.

5.1.3 Auswertung von Verkehrs- und Versorgungsinfrastruktur

Hochwasserereignisse können auch Infrastrukturen treffen und diese vorübergehend lahmlegen. Vor allem Ausfälle bei der Versorgung mit Strom und Trinkwasser können hier problematisch sein. Daher wurde untersucht wo im Land solche Infrastrukturen sind, die bei Hochwasser betroffen sind. Hierbei wurden die Überschwemmungsgebiete wieder mit den entsprechenden Objekten der Datenbank *„Base de données luxembourgeoise topo-cartographique“* (BD-L-TC 2015, ACT) verschnitten.

Berücksichtigt wurden für die Versorgungsinfrastruktur „Energie“ die Transformatoren und Umspannwerke. Tabelle 22 und 23 zeigt die Ergebnisse der Untersuchung.

Tabelle 23: Anzahl der Transformatoren im Überschwemmungsgebiet pro Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Sauer	2	8	16
Mosel	2	4	7
Alzette	1	4	11
Eisch	2	3	4
Roudbach	1	1	1
Clerve	1	2	3
Attert	0	2	4
Weiße Ernz	0	0	1
Mamer	0	0	1
Syre	0	0	1
Wark	0	0	1

Tabelle 24: Anzahl der Umspannwerke im Überschwemmungsgebiet pro Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Alzette	2	2	3
Attert	0	1	2
Sauer	0	0	1

Es zeigt sich das vor allem, dass an den Gewässern Alzette und Sauer viele Elemente der Energieversorgung von Hochwasser betroffen sein können. Aber auch an der Attert, Eisch, Clerve und Mosel sind beispielsweise mehrere solcher Anlagen betroffen.

Bezogen auf die Trinkwasserversorgung können zum einen Trinkwasserentnahmestellen und zum anderen Trinkwasserschutzzonen betroffen sein. Schäden an Trinkwasserentnahmestellen können hierbei zu einem direkten Versorgungsausfall führen. Sind Trinkwasserschutzzonen betroffen, besteht die Gefahr, dass die Qualität des Trinkwassers beeinträchtigt wird. Grund hierfür ist, dass Hochwasser verschmutztes Wasser auf diese Zonen bringt, die versickert und so in das Grundwasser gelangen kann. Die Tabellen 24 und 25 geben einen Überblick über die Anzahl an betroffenen Trinkwasserentnahmestellen und Trinkwasserschutzzonen im Überschwemmungsbereich einzelner Gewässer. Hinsichtlich der Trinkwasserschutzzonen wird unterschieden zwischen den bereits gesetzlich festgesetzten Zonen, denen die sich in der Prozedur der Festsetzung befinden und den provisorischen Trinkwasserschutzzonen.

Tabelle 25: Betroffene Trinkwasserentnahmestellen nach Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Mosel	4	10	10
Sauer	3	6	6
Mamer	2	4	5
Eisch	0	1	4
Gander	1	1	2
Attert	0	2	2
Alzette	0	2	2

Tabelle 26: Betroffene Trinkwasserschutzzonen nach Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Festgesetzte TWS-Zonen			
Schwarze Ernz	2	2	2
Wark	2	2	2
Mosel	1	1	1
Eisch	1	1	1
Attert	1	1	1
~~Sauer~~	~~0~~	~~0~~	~~1~~
In Prozedur befindliche TWS-Zonen			
Alzette	2	2	2
Eisch	1	1	1
Weiße Ernz	1	1	1
Mamer	1	1	1
Provisorische TWS-Zonen			
Sauer	2	3	3
Mamer	3	3	3

Die Trinkwasserschutzzonen können auch den Hochwasserrisikokarten entnommen werden, wie Abbildung 39 zeigt.

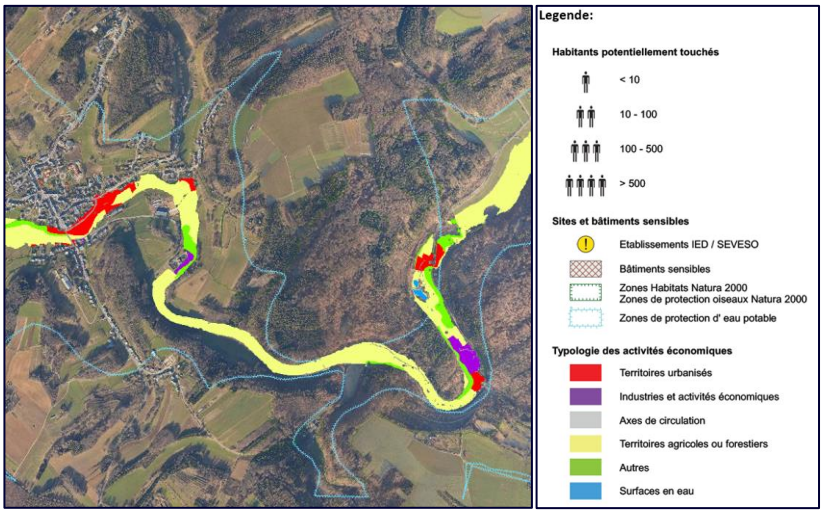


Abbildung 43: Hochwasserrisikokarten mit Angabe einer Trinkwasserschutzzone (blaue Linien)

Zur Berücksichtigung der Verkehrsinfrastruktur wurden die Bahnhöfe und Busbahnhöfe aus der *„Base de données luxembourgeoise topo-cartographique“* (BD-L-TC 2015, ACT) herangezogen. Die negative Konsequenz eines Hochwasserfalls wäre, dass diese mehr angefahren werden können. Straßen allgemein werden nicht ausgewertet, sie werden aber in den Hochwasserrisikokarten angezeigt. Diese Informationen können sich beispielweise Rettungskräfte zu Nutzen machen, da im Ernstfall bekannt ist, welche Straßen potenziell überschwemmt sind und somit im Einsatz nicht zu befahren sind. Diese müssen gegebenenfalls für den Verkehr gesperrt werden. Die Abbildung 40 zeigt beispielsweise die HWRK des HQ_{ext} in Hesperange. Man erkennt an der grauen Markierung, dass bei diesem Szenario die „route de Thionville“ zwischen Howald und Hesperange von Überschwemmung betroffen und nicht befahrbar wäre.

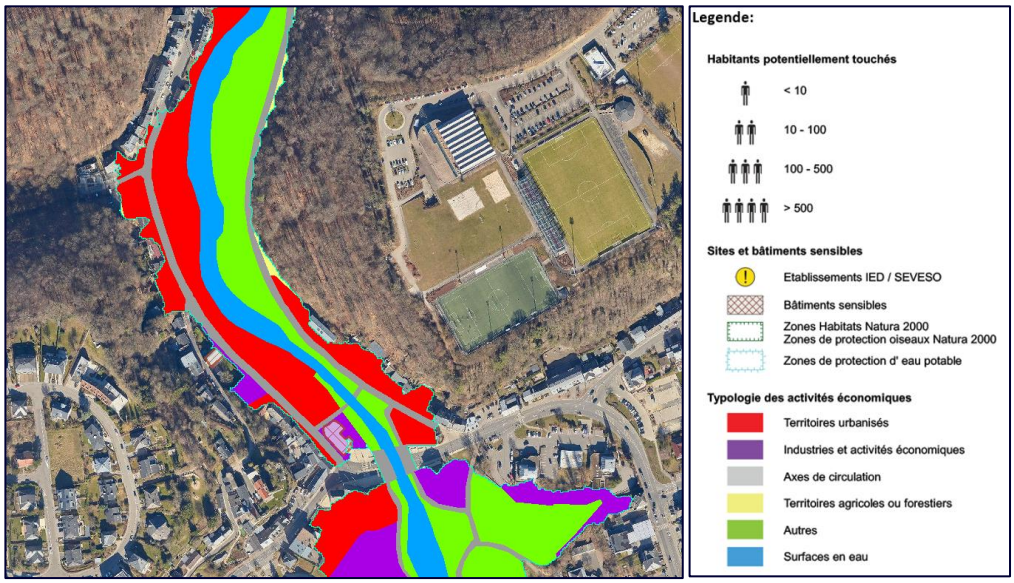


Abbildung 44: Ausschnitt HWRK HQ_{ext} Hesperange

In Tabelle 26 werden alle betroffenen Bahnhöfe und Bushaltestellen aufgezeigt. Die Betroffenheit ist insgesamt gering, im HQ_{10} ist keine solche Anlage vorhanden.

Tabelle 27: Betroffene Bahnhöfe und Bushaltestellen

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Mosel	0	1	1
Sauer	0	2	2
Clerve	0	1	1
Alzette	0	0	2

Auch hier gilt der Hinweis, dass unter Umständen nicht alle aktuell bestehenden, sondern nur die im Datensatz enthaltenen Einrichtungen berücksichtigt wurden. Auch kann hier nur wiedergegeben werden, ob sich ein Gebäude im Überschwemmungsgebiet befindet, jedoch nicht, inwiefern Hochwasserschäden zu erwarten sind.

5.1.4 Auswertung der Industrieanlagen

Industrieanlagen können bei Hochwasserereignissen ein besonders hohes Schadenspotenzial aufweisen. Hier ist die Schadenslage mehrdimensional. Zum einen sind die Standorte direkt betroffen, was zu Sachschaden bis hin zu Betriebsausfällen führen kann, wenn zum Beispiel Produktionslinien betroffen sind. Auch müssen Aufräumarbeiten nach einem Ereignis eingerechnet werden, falls danach die Produktion stillsteht. Ein weiterer Aspekt sind potenzielle Umweltschäden, die auftreten, wenn bei einem Ereignis solche Standorte betroffen sind und Chemikalien oder Öle mobilisiert werden. Diese gelangen dann in die Umwelt, wo es zu Beeinträchtigungen des Lebensraums der Gewässer oder direkt an Flora und Fauna kommt.

Im Jahr 2020 wurden von der AGE alle relevanten Industriestandorte aufgenommen. Die Relevanz galt hier allgemein dem Thema Wasser, also auch hinsichtlich Abwasser oder Trinkwasserschutz. Anhand der Verortung dieser Anlagen konnte spezifisch eine gefährdete Lage im Überschwemmungsgebiet ausgemacht werden. Diese Anlagen sind in den HWRK angezeigt, wie in Abbildung 41 ersichtlich wird. Allgemein sind Bereiche, in denen Industrie und Gewerbenutzungen vorhanden sind, anhand einer lila Schraffur gekennzeichnet. Die Tabelle 27 fasst die Anzahl dieser Anlagen nach Gewässer zusammen.

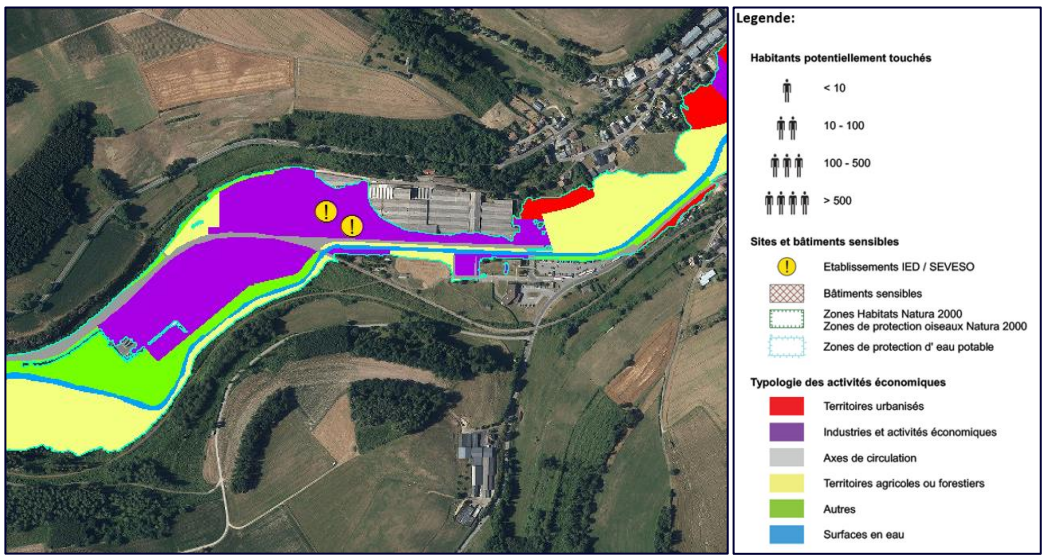


Abbildung 45: Ausschnitt aus den HWRK mit Angabe „!“ von Industriestandorten

Tabelle 28: Anzahl der betroffenen Industriestandorten pro Gewässer

Gewässer	HQ_{10}	HQ_{100}	HQ_{ext}
Mosel	1	4	6
Sauer	0	2	3
Attert	0	1	2
Alzette	0	0	1

Man erkennt anhand der Tabelle, dass beim HQ_{10}-Ereignis, also dem häufigen Hochwasser, nur eine Anlage betroffen ist. Für die Szenarien HQ_{100} und HQ_{extrem} steigt die Zahl etwas an. Insgesamt befinden sich nur an 4 der 17 Hochwasserrisikogewässer solche Anlagen im Überschwemmungsgebiet.

5.2 Entwicklung des Hochwasserrisikos

Um Aussagen über die Entwicklung des Hochwasserrisikos über die Jahre oder im Vergleich zum ersten Zyklus zu erhalten, bietet es sich an, die Resultate von betroffenen Siedlungsflächen oder potenziell betroffenen Personen zu vergleichen.

Hierbei muss jedoch beachtet werden, dass man Daten gegeneinanderstellt, die auch tatsächlich vergleichbar sind. So ist der Vergleich der Hochwasserrisikokarten von 2013 mit den aktuellen wenig zielführend, da hier zum Beispiel Datensätze der Landnutzung aus CORINE Landcover genutzt wurden, welche im Vergleich zu luxemburgischen Datensätzen nicht gleich hoch aufgelöst sind.

Da die vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos (AGE, 2018) auf der Basis der Hochwassergefahrenkarten von 2013 und Flächennutzungsdaten von 2007 (OBS 2007, ACT) beruht, können die dort gewonnenen Ergebnisse schon eher für einen Vergleich herangezogen werden, da sie den Zustand für den ersten Zyklus der HWRM-RL (2015 – 2021) widerspiegeln.

Die Entwicklung des Hochwasserrisikos wird auf der Ebene der Gewässer untersucht. Die Resultate der vorläufigen Bewertung des Hochwasserrisikos mussten angepasst werden, da hier eine andere Abgrenzung der Gewässer gewählt wurde. Tabelle 28 und 29 zeigt die Unterschiede bezüglich der betroffenen Siedlungsflächen und betroffenen Personen für die jeweiligen Gewässer. Die Gander und Chiers werden hier nicht berücksichtigt, da es hier keine älteren Hochwassergefahrenkarten gibt.

Tabelle 29: Entwicklung der betroffenen Siedlungsflächen [ha]

Gewässer	Z1 HQ_{10}	Z2 HQ_{10}	Δ	Z1 HQ_{100}	Z2 HQ_{100}	Δ	Z1 HQ_{ext}	Z2 HQ_{ext}	Δ
Alzette	16,79	16,53	-0,26	51,15	53,38	2,23	94,62	100,15	5,53
Attert	6,81	3,41	-3,40	11,22	10,51	-0,71	17,04	15,19	-1,85
Clerve	3,86	3,94	0,09	8,96	7,59	-1,36	13,33	11,18	-2,15
Eisch	4,87	4,73	-0,14	13,12	12,99	-0,14	20,32	19,08	-1,24
Weiße Ernz	8,38	3,61	-4,77	8,20	7,16	-1,04	17,67	11,69	-5,99
Schwarze Ernz	1,85	0,80	-1,06	8,87	1,46	-7,41	5,48	3,08	-2,40
Mamer	2,88	2,14	-0,74	5,91	3,92	-1,99	8,55	6,79	-1,76
Mosel	25,8	24,86	-0,95	59,22	56,86	-2,36	85,13	81,31	-3,82
Our	0,92	0,76	-0,16	1,66	2,45	0,79	3,35	5,28	1,92
Pall	0,87	0,49	-0,38	1,37	1,51	0,14	1,94	1,81	-0,13
Roudbaach	2,01	0,94	-1,07	3,97	3,78	-0,19	6,45	5,55	-0,90
Sauer	48,97	24,49	-24,47	101,23	97,07	-4,17	144,12	138,67	-5,44
Syre	7,91	5,20	-2,72	13,77	10,52	-3,24	20,21	19,81	-0,40
Wark	3,04	1,82	-1,22	7,22	6,45	-0,77	14,22	15,01	0,79
Wiltz	1,02	1,95	0,93	2,44	3,79	1,34	3,62	5,02	1,40
Gesamt	**135,99**	**95,67**	**-40,31**	**298,30**	**279,42**	**-18,88**	**456,06**	**439,63**	**-16,43**
			-30 %			**-6 %**			**-4 %**

Tabelle 30: Entwicklung der Anzahl an potenziell betroffenen Personen

Gewässer	Z1 HQ_{10}	Z2 HQ_{10}	Δ	Z1 HQ_{100}	Z2 HQ_{100}	Δ	Z1 HQ_{ext}	Z2 HQ_{ext}	Δ
Alzette	1026	1077	51	3104	3062	-42	6055	6953	898
Attert	187	112	-75	311	365	54	480	521	41
Clerve	76	87	11	183	180	-3	274	274	0
Eisch	163	176	13	459	477	18	704	698	-6
Weiße Ernz	300	146	-154	344	286	-58	644	478	-166
Schwarze Ernz	58	28	-30	257	49	-208	168	99	-69
Mamer	111	84	-27	226	154	-72	325	270	-55
Mosel	983	969	-14	2252	2229	-23	3296	3238	-58
Our	44	36	-8	78	121	43	155	260	105
Pall	19	13	-6	28	39	11	40	46	6
Roudbaach	43	24	-19	85	94	9	137	138	1
Sauer	1803	1106	-697	3777	3988	211	5394	5647	253
Syre	238	168	-70	413	333	-80	604	632	28
Wark	177	72	-105	427	353	-74	869	937	68
Wiltz	34	67	33	96	124	28	137	167	30
Gesamt	**5262**	**4165**	**-1097**	**12040**	**11854**	**-186**	**19282**	**20358**	**1076**
			-21 %			**-2 %**			**+6 %**

Betrachtet man die Differenz der Resultate der einzelnen Zyklen, so sieht man, dass sich vor allem im Hochwasserszenario des HQ_{10} die Lage deutlich verbessert hat. Im Vergleich zum ersten Zyklus sind nun 30 % weniger Siedlungsflächen betroffen, was eine Absenkung der potenziell betroffenen Personen um 21 % mit sich bringt. Auch im HQ_{100} lässt sich eine leichte Verbesserung feststellen. Hier sind 6 % weniger Siedlungsflächen im Überschwemmungsgebiet ermittelt worden, was eine Absenkung an Personenschäden um immerhin 2% erzielt. Für das HQ_{extrem} ergab die Auswertung, dass sich die betroffenen Siedlungsflächen zwar um 4 % verringert haben, die korrespondierenden Personenschäden jedoch um 6 % gestiegen sind. Dies kann zum Teil durch die allgemeine Zunahme der Bevölkerung in Luxemburg erklärt werden.

Allgemein erkennt man anhand der Tabellen, dass die Entwicklung zu Siedlungsflächen und Personenschäden unterschiedlich ist. Dies liegt vor allem daran, dass sich die Anzahl der betroffenen Personen aus der Einwohnerdichte der einzelnen Gemeinden ergibt. Eine gleich große Fläche in der Gemeinde Esch-sur-Alzette ergibt demnach mehr betroffene Personen als in der Gemeinde Useldange. So können diese Unterschiede erklärt werden.

Diese Resultate geben wie erwähnt die Entwicklung des Hochwasserrisikos, also vom 1. auf den 2. Zyklus, wieder. Aus ihnen wird jedoch nicht ersichtlich, worauf die Unterschiede zurückzuführen sind. Insgesamt wurden alle Grundlagen zur Erstellung der Hochwassergefahrenkarten überarbeitet. Dies betrifft hauptsächlich die hydrologischen Kennwerte, die Topografie des Geländes als Basis der hydraulischen Modellierung, aber auch die Modelle selbst, da für jedes Gewässer neue hydraulische Modelle erstellt wurden. Des Weiteren wurde eine andere Modelltechnik angewandt. Während die HWGK 2013 mittels 1D-Modellierung gerechnet wurden, war das bei den neuen HWGK nicht mehr der Fall. Hier wurde auf die deutlich genauere 2D-Modellierung gesetzt. Alle diese Parameter können zu Unterschieden führen, lokal oder insgesamt. Dadurch muss eine Abnahme an überschwemmten Gebieten nicht zwingend an einer umgesetzten Hochwasserschutzmaßnahme liegen, sondern kann ihre Ursache auch darin haben, dass beispielsweise der Abfluss eines Hochwasserszenarios im Zuge der Überarbeitung als geringer bestimmt wurde.

Auch ist es möglich, dass sich die Siedlungsflächen in den Jahren verändert haben, was sich wiederum in den Flächennutzungsdatensätzen widerspiegelt. Um diesen Umständen Rechnung zu tragen, wurde die Veränderung der Siedlungsflächen innerhalb der Überschwemmungsgebiete anhand der drei verfügbaren Datensätze der Jahre 2008, 2015 und 2018 untersucht. Hierbei hat sich herausgestellt, dass die Siedlungsflächen über die Jahre hin abnehmen. Da dies aber als relativ unplausibel einzuschätzen ist, wurden die Datensätze genauer untersucht. Hierbei hat sich herausgestellt, dass die Datensätze immer weiter verfeinert wurden, was bedeutet, dass zum Beispiel im Datensatz von 2008 Flächen als Siedlung gekennzeichnet waren, obwohl hier keine direkte Gebäude-

oder Wohnnutzung stattfindet. Dies wurde in den Folgedatensätzen schrittweise korrigiert, was insgesamt eine Abnahme der als Siedlung gekennzeichneten Flächen zur Folge hat.

Somit können diese Erkenntnisse nicht direkt zur Bewertung des allgemeinen Fortschrittes im Hochwasserrisikomanagement herangezogen werden, da es zu viele einzelne Parameter gibt die eine Änderungen im Hochwasserrisiko bewirkt haben konnten. Eine solche Bewertung kann nur auf lokaler Ebene geschehen.

5.3 Hochwasserschadenspotenziale in Luxemburg

Zur differenzierteren Schadenspotenzialermittlung an den Hochwasserrisikogewässern in Luxemburg wurde von der AGE in Zusammenarbeit mit der Ingenieurgemeinschaft „Ruiz Rodriguez + Zeisler + Blank GbR“ und Dr. Walter Pflügner (Büro PlanEVAL) eine Abschätzung des monetären Schadens bei Eintreten der drei Hochwasserszenarien nach HWRM-RL durchgeführt.

Die Ermittlung der Schadenspotenziale bei Hochwasser resultiert auf einer Methodik der Verschneidung unterschiedlicher Datensätze. Hierbei handelt es sich hauptsächlich um folgende Datengrundlagen:

- Hydraulische Ergebnisse der Hochwassergefahrenkarten
- Objekt- und Flächennutzungsdaten
- Vermögenswerte

Um die Schadenspotenziale für die anstehende Aufgabe so exakt wie möglich abschätzen zu können, wurde ein methodisches Vorgehen entsprechend der Meso-Analyse gewählt. Bei der Makro- und der Meso-Analyse werden flächenbezogene Realwertallokationen vorgenommen.

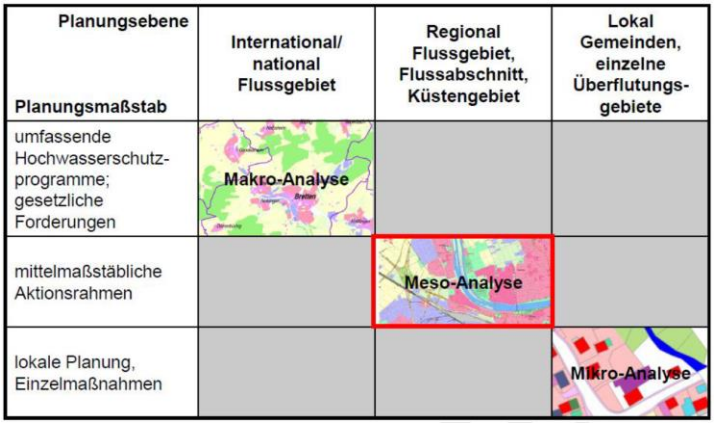


Abbildung 46: Unterscheidung von Makro-, Meso- und Mikroanalyse

Für die Abschätzung der Hochwasserschadenspotenziale wurden der Ingenieurgemeinschaft für die insgesamt 631 Kilometer zu untersuchenden Gewässer in Luxemburg Überflutungsflächen im 1x1–m-Raster für die Hochwasserwahrscheinlichkeiten HQ_{10}, HQ_{100} und HQ_{extrem} zur Verfügung gestellt. Es handelt sich hierbei um die hydraulischen Resultate der überarbeiteten Hochwassergefahrenkarten. Jedes Rasterelement beinhaltet die Information zur tatsächlichen Überschwemmungstiefe, also zum Wasserstand bei Hochwasser an dieser Stelle.

Erster Anhaltspunkt für den Wert bzw. die Schadensanfälligkeit einer Fläche ist deren Nutzung. Hierfür wurden die in Luxemburg verwendeten Objekt- und Flächennutzungsdaten (BD-L-TC 2015 und LandUse 2015) genutzt. Diese Daten bilden die Grundlage für die Ermittlung der spezifischen Realvermögenswerte. Die Objekt- und Flächennutzungsarten mussten zur weiteren Verarbeitung generalisiert werden.

Für einige Objektklassen gab es beispielsweise keine validen Erkenntnisse zur Schadensanfälligkeit bzw. keine vernünftigen Schadensfunktionen. Ausgewählt wurden die Objektklassen „Dienstleistungseinrichtungen“, „landwirtschaftliche Gebäude“, „Gewerbliche Gebäude“, „Industriegebäude“, „gewöhnliche Gebäude“ mit Nutzungszweck Wohnen und „bemerkenswerte Gebäude“ wie etwa Museen. Letztere werden hinsichtlich der

Schadensanfälligkeit mangels genauerer Angaben wie Verwaltungs- und Wohngebäude behandelt. Zur späteren Auswertung wurden aber nicht die einzelnen Gebäude, sondern ihr Flächenanteil [m²] (Umriss) verwendet.

Eine wichtige Aufgabe in der Schadenspotenzialbestimmung besteht in der Zuordnung von Wertbeständen zu den katastermäßig vorhandenen Objektnutzungen / Flächennutzungen. Basierend auf der Volkswirtschaftlichen Gesamtrechnung für Luxemburg (2017) wurden die spezifischen Realvermögenswerte ermittelt. Um das Realvermögenswachstum zwischen 2017 und 2020 berücksichtigen zu können, wurden alle Werte bis zum Jahr 2020 fortgeschrieben. Bei der Suche nach einer angemessenen Wachstumsrate zeigte sich, dass Luxemburg im Vergleich zu anderen EU-Mitgliedstaaten in den letzten 20 Jahren ein ungewöhnlich hohes Realvermögenswachstum erzielt hat. Entsprechend dem langjährigen Wachstum wurde eine durchschnittliche Wachstumsrate von 5 % angenommen.

Anschließend wurden die ermittelten Realvermögenswerte der einzelnen Klassen weiter verfeinert. Zusätzlich wurde eine Aufteilung zwischen mobilen und immobilen Vermögensbestandteilen vorgenommen. Sämtliche Vermögenswerte der Bauten und der (definitionsgemäß fest eingebauten) Ausrüstung werden als immobil gewertet, Hausrats-, Vorrats- und PKW-Vermögen dagegen sämtlich als grundsätzlich mobil, d. h. als im Hochwasserfall prinzipiell räumbar (eine gewisse Mindest-Vorwarnzeit vorausgesetzt). Schließlich wurden aus diesen Realwertsummen durch Einsatz der jeweiligen Quadratmetersummen in Luxemburg die spezifischen Vermögenswerte 2020 errechnet. Die Realvermögenswerte werden in [€/m²] angegeben.

			VERMÖGENSWERT		
KLASSE			IMMOBIL	MOBIL	GESAMT
			€ / m²	€ / m²	€ / m²
WOHN	Wohnbebauung	1	*607,56*	*140,16*	*747,72*
INGEW	Industrie und Handel	2	*1696,74*	*414,79*	*2111,53*
LWE	Landwirtschaftliche Einrichtungen	3	*232,61*	*52,30*	*284,92*
OET	Öffentlicher Tiefbau (Ort- und Fernstraßen)	4	18,21		18,21
VERK	Verkehr (Bahn, Flughafen, Umschlag)	5	*201,90*		201,90
BA	Boden Ackerland	6.1	0,04		0,04
BG	Boden Grünland	6.2	0,03		0,03
BS	Boden Sonderkultur (insb. Weinbau)	6.3	0,85		0,85
FORST	Forst	7	0,66		0,66
GSF	Grün-, Sport- und Freizeitflächen	8	*7,12*	*0,00*	*7,12*
SO	Sonstige Flächen	0	0,00		0,00

Abbildung 47: Ermittelte spezifische Vermögenswerte für Luxemburg 2020 in €/m² aus der Schadenspotenzialstudie (2021)

Die monetäre Abschätzung der Vermögensschäden besteht, simpel ausgedrückt, in der Verschneidung der vorhandenen Datengrundlagen für alle untersuchten Hochwasserlastfälle unter Verwendung spezifischer Wasserstands-Schadens-Funktionen (Schädigungsfunktionen).

Die Schädigungsbeziehungen werden in Form sogenannter Wasserstands-Schadens-Funktionen (Schädigungsfunktionen) als Prozent-Funktionen formuliert. Maximal können somit jeweils 100% eines einzelnen Vermögensbestands beschädigt werden; der tatsächlich zu erwartende Schadensumfang hängt vom jeweils betrachteten Hochwasserereignis ab.

Als Hauptparameter für den Einsatz der Schädigungsfunktionen wurde der Überflutungswasserstand unter Berücksichtigung der entsprechenden Nutzungsart verwendet. Durch GIS-technische Auswertungen der Schädigungsfunktionen unter Berücksichtigung der Überflutungstiefen, Nutzungsarten und der entsprechenden Vermögenswertansätze wurden für die vorliegenden hydraulischen Berechnungen die einzelnen Vermögensschäden abgeschätzt.

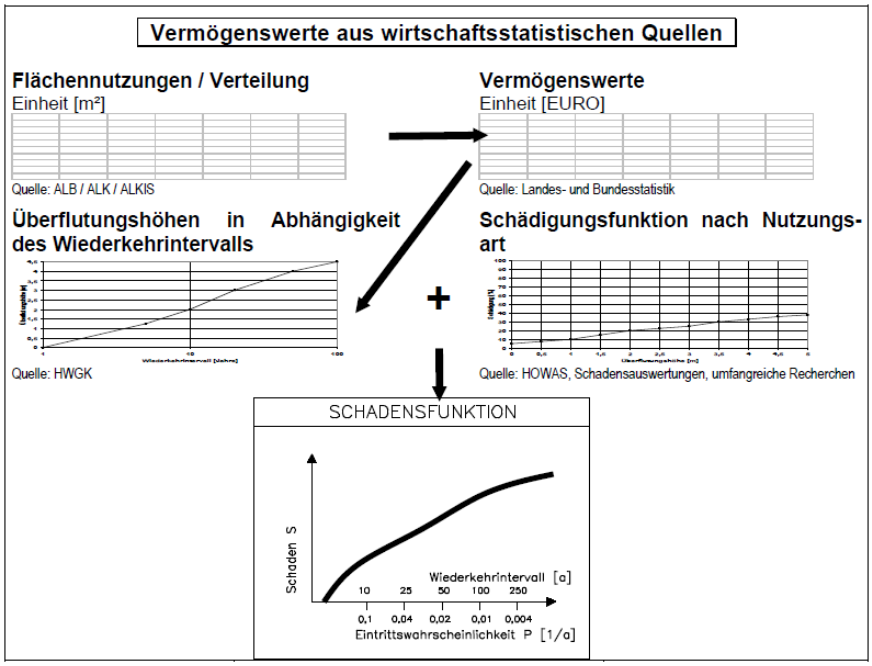


Abbildung 48: Schritte zur Abschätzung des Schadenspotenzials (Schadenspotenzialstudie, 2021)

Die Schadenspotenziale der drei Hochwasserszenarien wurden für jedes Gewässer und jede Gemeinde ausgewertet.

Die hier gewonnenen Erkenntnisse dienen nicht nur der Bewertung des Schadenspotenzials. Auch können hiermit für zukünftige Projekte Kosten-Nutzen-Betrachtungen angestellt werden. In Tabelle 30 werden die ermittelten Schadenspotenziale in Euro für jedes der 17 Risikogewässer pro Hochwasserszenario aufgeführt.

Tabelle 31: Ermittelte Schadenspotenziale in Euro

Gewässer	HQ_{10} [EURO]	HQ_{100} [EURO]	HQ_{ext} [EURO]
Alzette	13.472.000	40.303.000	211.438.000
Attert	2.147.000	6.626.000	39.600.000
Chiers	339.000	871.000	8.733.000
Clerve	3.467.000	9.797.000	17.736.000
Eisch	3.368.000	6.795.000	23.934.000
Weiße Ernz	2.405.000	3.971.000	12.789.000
Schwarze Ernz	1.049.000	2.006.000	6.464.000
Gander	315.000	757.000	3.591.000
Mamer	1.759.000	2.809.000	8.895.000
Mosel	14.194.000	84.929.000	379.163.000
Our	363.000	898.000	5.069.000
Pall	243.000	717.000	2.969.000
Roudbach	225.000	583.000	2.587.000
Sauer	11.515.000	57.178.000	289.490.000
Syre	1.586.000	3.428.000	15.947.000
Wark	886.000	1.860.000	11.572.000
Wiltz	2.123.000	4.240.000	14.301.000

Da dieser Untersuchung neben Ausdehnung der Überschwemmung und Wassertiefe bei Hochwasser auch die unterschiedlichen Nutzungen betroffener Anlagen und Flächen zugrunde liegt, ist sie besonders gut geeignet, um eine umfassende Risikobewertung vorzunehme.

Man erkennt aus der Tabelle 30, dass sich vor allem an den Gewässern Mosel, Alzette und Sauer im Falle eines Hochwassers hohe Schadensummen ergeben. Die hohen Schadenswerte dieser Gewässer ergeben sich zum einen dadurch, dass sie insgesamt die größten Überschwemmungsflächen aller Risikogewässer aufweisen, wie Tabelle 15 verdeutlicht. Auch die Nutzung innerhalb der Überschwemmungszonen ist entscheidend. Es wirdhier daran erinnert, dass an diesen Gewässern die meisten überschwemmten Siedlungsflächen aller Risikogewässer vorhanden sind. Aber auch die Überflutungstiefe ist ein entscheidender Faktor bei der Schadensentstehung. Wie anhand der Schadensfunktionen erläutert, bedeutet eine höhere Überschwemmungstiefe automatisch auch einen höheren zu erwartenden Schaden. Hierdurch kann auch erklärt werden, warum die Schadenspotenziale an der Mosel am höchsten sind, da hier die Wasserstände im überfluteten Gebiet am höchsten sind. Die starke Betroffenheit dieser drei Gewässer bestätigt die gewonnen Erkenntnisse aus den vorherigen Untersuchungen.

Betrachtet man die weiteren Risikogewässer, so erkennt man, dass die Schadenswerte zwar um einiges niedriger sind, aber auch an Attert, Clerve, Eich, Syre, Mamer, Wiltz und der Weißen Ernz hohe Schäden zu erwarten sind. Selbst bei dem häufigen Hochwasserereignis (HQ_{10}) ergeben sich schon Schäden von über einer Million Euro. An Our, Chiers, Gander, Pall und Roudbach jedoch wird dieser Wert auch im Falle eines hundertjährlichen Hochwasserereignisses nicht erreicht. Allerdings muss man festhalten, dass die Schadenswerte bei einem extremen Ereignis bei diesen Gewässern sehr stark ansteigen. An der Chiers beispielsweise verzehnfacht sich das Ergebnis.

5.4 Zusammenfassung der Hochwasserrisikobewertung

Da die Auswertung des Hochwasserrisikos auf mehreren Ebenen (Betrachtung Gewässer und Gemeinden, unterschiedliche Hochwasserszenarien, Betrachtung unterschiedlicher Schutzgüter) durchgeführt wurde, kann ein differenziertes Bild des Hochwasserrisikos erstellt werden.

Insgesamt ergibt die Hochwasserrisikobewertung an allen Gewässern ein relativ hohes beziehungsweise zum Teil sehr hohes Schadenspotenzial. Letzteres gilt vor allem für die Gewässer Mosel, Sauer und Alzette. An diesen drei Gewässern ist nicht nur das Schadenspotenzial und die Anzahl an betroffenen Personen sehr hoch, man erkennt auch, dass hier besonders viele sensible Einrichtungen betroffen sind. Gleiches gilt für die kulturellen Stätten. Eine genauere Betrachtung auf Ebene der Gemeinden ergab, dass bei Moselhochwasser alle Gemeinden stark betroffen sind, bei der Sauer hauptsächlich die untere Sauer (ab Bourscheid) hohe Schadenserwartungswerte aufweist und sich bei der Alzette zum Teil große Unterschiede hinsichtlich der Betroffenheit unter den Gemeinden ergeben. Für die Mosel sind vor allem die Gemeinden Schengen und Remich hervorzuheben. An der Sauer ist zu sehen, dass der Raum Echternach wenig betroffen ist bei einem HQ_{10}. Dies ändert sich schlagartig bei einem hundertjährlichen Hochwasser. Dies kann auf den dort bestehenden Hochwasserschutz zurückgeführt werden. An der Alzette steigt die Betroffenheit in Fließrichtung ab Hesperange an. Jedoch ist das Schadenspotenzial auch in Bettembourg sehr hoch.

Etwas weniger betroffen sind die Gewässer der Attert, Eisch, Syre und Weißen Ernz, wobei an diesen schon bei dem häufigen Hochwasserereignis (HQ_{10}) über 100 potenziell betroffene Personen festgestellt wurden. Hier erkennt man auch einen sukzessiven Anstieg der Schadenswerte zwischen den drei Hochwasserszenarien. Gemeinden, welche hier hohe Betroffenheit aufweisen, sind Bissen, Habscht, Larochette, Vallée de l'Ernz, Reisdorf (ist ebenfalls von der Sauer betroffen).

Eine besondere Betrachtungsweise gilt es für die Mündungsbereiche vorzunehmen. Hier fließen zwei oder mehrere Gewässer zusammen, so dass die Risikobewertung kombiniert erfolgen muss. Hervorzuheben sind hier der Raum um Mersch, wo Alzette, Mamer und Eisch zusammenkommen, und die Nordstadt mit den Gewässern Alzette, Sauer und Wark. Ähnliche Situationen gibt es noch in Reisdorf, mit dem Zusammenfluss von Sauer und Weißer Ernz, sowie an der Mündung von Schwarzer Ernz und Sauer, an den Gemeinden Berdorf und Beaufort. Aberauch in Kiischpelt, das an der Mündung von Clerve und Wiltz liegt, oder in Colmar-Berg, wo Alzette und Attert zusammenfließen. Diese Bereiche sind besonders gefährdet, da sie von Hochwassern der einzelnen Gewässer, aber auch von deren Überlagerung betroffen sein können.

Andere Gewässer wie die Wiltz, Clerve, Our, Wark, Mamer oder Gander weisen auch schon beim HQ_{10} erste Betroffenheit auf, diese nimmt im Fall eines hundertjährlichen Ereignisses jedoch sehr stark zu. Dies liegt zum Teil daran, dass sich bei diesem Szenario größere Überschwemmungen in den Gemeinden Clervaux, Wiltz, Mondorf-les-Bains und Vianden ergeben. Aber auch an den schon erwähnten Gewässern und Gemeinden steigt beim HQ_{100} das Schadenspotenztial an, so wie in Contern (Syre), Préizerdaul (Roudbach), Useldange (Attert), Helperknapp (Eisch und Attert, hauptsächlich Attert), Mertzig (Wark) und Kopstal (Mamer).

Interessant ist die Chiers, an dr die Schadenserwartung im Fall eines HQ_{10} oder HQ_{100} noch relativ gering ist. Beim extremen Hochwasserereignis jedoch multipliziert sich diese zum Teil um das Zehnfache. Grund hierfür ist die sehr viel größere Überschwemmung bei HQe_{xtrem}.

Die quantitativen Auswertungen des Hochwasserrisikos nach betroffenen Personen oder Siedlungsflächen werden von der qualitativen Risikoanalyse mittels Schadenpotenzialstudie in großen Teilen bestätigt. Da hier auch Schäden an Industrie, Gewerbe oder Landwirtschaft berücksichtigt werden, ergibt sich ein genaueres Schadensbild. Hierdurch wird zum Beispiel erkannt, dass auch in Junglinster die Schäden bei Hochwasser hoch sein können, was aus der quantitativen Bewertung nicht ganz so hervorkommt. Auch erkennt man, dass in Clervaux und Wiltz, aufgrund der doch hohen Nutzungsdichte am Gewässer, die Schäden schon bei häufigen Ereignissen sehr hoch sein können.

Es muss zudem darauf hingewiesen werden, dass die Anzahl an sensiblen Gebäuden, kulturellen Einrichtungen und Versorgungsinfrastrukturen innerhalb der Überschwemmungsgebiete hoch ist. Da hier aber nur die reine Betroffenheit ohne eine mögliche Resilienz gengenüber Hochwasser betrachtet wurde, sind die tatsächlichen Auswirkungen eines Hochwassers im Detail zu überprüfen. Gleiches gilt für die 12 Industriestandorte, die sich in Überschwemmungsgebieten befinden.

Diese Auswertung bezweckt nicht nur, das aktuelle Risiko zu erfassen, sondern sie fließt direkt in die Maßnahmenableitung ein und hilft zudem, eine Priorisierung dieser Maßnahmen vorzunehmen.

6 Fortschreibung des HWRM

In den folgenden Kapiteln werden konkrete Änderungen und Neuerungen im Hochwasserrisikomanagement für das Land Luxemburg aufgezeigt. Die Schadenspotenzialstudie, auch eine Neuerung, wurde im Kapitel 5 beschrieben und wird hier nicht mehr wiederholt.

6.1 Hochwasservorhersage

Die Hochwasservorhersage für Luxemburg wird durch die Hochwasservorhersagezentrale der AGE (Service de prévision des crues, kurz SPC oder Hochwassermeldezentrale, kurz HMZ) gewährleistet, welche vom Service hydrologie organisiert wird. Neben dem reinen Hochwassermeldedienst beinhalten die Aufgaben des Service hydrologie unter anderem auch den Unterhalt des hydrometeorologischen Messnetzes in Luxemburg, also der Datenhaltung und -pflege der unter anderem 41 Pegel und 18 Niederschlagsmesser. Die Datenübertagung der in Echtzeit gemessenen Wasserstände erfolgt mindestens 15-minütlich, die der Niederschlagsdaten minütlich. Die so erfassten Pegelstände und alle anderen gemessenen meteorologischen Parameter werden in einer Datenbank gespeichert, und statistisch aufbereitet.

Seit dem 1. Mai 2019 ist die Hochwasservorhersagezentrale Luxemburgs nicht mehr nur für die Vorhersagen des Einzugsgebietes der Sauer zuständig, sondern auch für die luxemburgische Mosel. Die Verantwortlichkeit hierfür wurde vom „Service de la Navigation“ übernommen, der jedoch weiterhin Betreiber der Moselpegel und zuständig für die Schifffahrt bleibt.

Für die Hochwasservorhersage nutzen die Partner des Einzugsgebietes der Mosel und der Saar das Wasserhaushaltsmodell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model). Durch ein internationales Abkommen im Rahmen der internationalen Kommissionen zum Schutz der Mosel und der Saar (IKSMS) werden seit 1987 sämtliche für die Hochwasservorhersage nötigen Daten ausgetauscht sowie die genutzten Modelle weiterentwickelt und gepflegt. Das Wasserhaushaltsmodell LARSIM wird im gesamten Moselgebiet für den operationellen Vorhersagebetrieb verwendet.

Das Modell wird für Einzugsgebiete unterschiedlicher Größe zwischen 10 und 1.000.000 km^2 mit unterschiedlichen klimatischen Bedingungen genutzt. Das Modell kann grundsätzlich in den Bereichen operationeller Echtzeit-Vorhersage-Betrieb und Offline-Anwendungen wie Nachrechnungen bzw. Szenarien eingesetzt werden.

LARSIM ermöglicht eine prozess- und flächendetaillierte Simulation des terrestrischen Wasserkreislaufs in hoher zeitlicher Auflösung. Das Modell basiert auf räumlich aufgelösten Systemdaten (Geländehöhe, Gefälle, Landnutzung, Bodeneigenschaften, Gerinnegeometrie usw.) und wird von den meteorologischen Eingangsdaten (Niederschlag, Lufttemperatur usw.) angetrieben.

Das jeweilige Flussgebiet wird in Rasterzellen (Auflösung 1x1 km^2) untergliedert, um die lokale Komponente zu berücksichtigen; diesen Rasterzellen sind Landnutzungs- und Bodeneigenschaften zugeordnet.

Mit diesen Teilgebieten werden die Klimadaten Niederschlag, Lufttemperatur, Globalstrahlung, relative Luftfeuchte, Luftdruck und Windgeschwindigkeit verschnitten. An der Oberfläche können das Schneewasseräquivalent in der Schneedecke, Evapotranspiration sowie Interzeption berücksichtigt werden. LARSIM berücksichtigt die unterschiedlichen hydrologischen Abflussprozesse durch die Simulation von Abflusskomponenten (Sättigungsflächenabfluss, Zwischenabfluss, Direktabfluss). Im Gewässerabschnitt gehen Wellengang, Verzweigungen, Einleitungen und Retention (Rückhaltebecken, Talsperren, Seen) mit in die Berechnung ein. Aus all diesen Kenngrößen wird der Abfluss pro Fließquerschnitt und Zeitpunkt bestimmt.

Im operationellen Vorhersage-Betrieb arbeitet das Wasserhaushaltsmodell mit einer automatischen zeitlichen Auflösung von einer Stunde (Bereitstellung der aufbereiteten Daten aller Partner). Die Modellparameter wurden bei der Modellkalibrierung so gewählt, dass das gesamte Abflussspektrum von Niedrig- und Hochwasser über lange Zeiträume hinweg möglichst gut nachgebildet wird. Somit können mit einem Wasserhaushaltsmodell für den gesamten Abflussbereich Vorhersagen erstellt werden. Aktuell wird eine Aktualisierung der Bodendaten und der Pegelkalibrierungen vorgenommen.

Für die Berechnung der hydrologischen Vorhersage stehen aktuell meteorologische Vorhersageprodukte des Deutschen Wetterdienstes (DWD) und des französischen Wetterdienstes (MétéoFrance) inklusive deren

Radarprodukten RADOLAN und RADOLOPE (Verschnitt RADOLAN-ANTILOPE) und des ECMWF zur Verfügung. Diese Produkte werden bereits aufbereitet geliefert und können direkt ins Hochwasservorhersagemodell eingelesen werden. Es werden hierbei kurzfrist-, mittelfrist- und langfrist-Vorhersagen geliefert.

Anhand dieser Wetterdaten und den gemessenen Daten errechnet das WHM Sauer für die 37 Pegel (23 luxemburgische, 11 deutsche, 3 belgische) die weitere Entwicklung der Abflussganglinie. Die gemessenen Wasserstände und Vorhersagen sind unter www.inondations.lu abrufbar. Die Vorhersagen werden regelmäßig aktualisiert, bei Bedarf stündlich. Dies passiert ebenso für das Moseleinzugsgebiet anhand des WHM, wobei hier vor allem der luxemburgischen Pegel Stadtbredimus von Bedeutung ist.

Der Hochwassermeldedienst basiert auf einer pegelbezogenen Bereitschaft, die aktiviert wird, sobald eine meteorologische Situation dies erfordert. Der SPC ist stets im Austausch mit den Prognostikern von Meteolux (meteorologische Abteilung der Luftfahrtverwaltung), um die weitere Entwicklung der meteorologischen Situation besser einschätzen zu können. In Luxemburg sind für strategisch wichtige Pegel offizielle Meldestufen festgelegt worden. Die Pegel befinden sich an den bekannten Hochwasserbrennpunkten oder an Pegeln mit langjährigen Aufzeichnungen. Die Meldestufen basieren meist auf Kenntnissen der lokalen Einsatzkräfte und Kommunen.

Eine Meldestufe ist eine bestimmte Höhe des Wasserstandes, die für jeden Pegel individuell bestimmt wird. Der Wasserstand eines Pegels ist immer abhängig von seinem Gewässerprofil. Es kann durchaus vorkommen, dass die Meldestufen von zwei Pegeln am gleichen Gewässer sehr unterschiedlich sind. Daher sind Meldestufen auch nicht direkt miteinander vergleichbar, weder zwischen Gewässer noch innerhalb eines Gewässers.

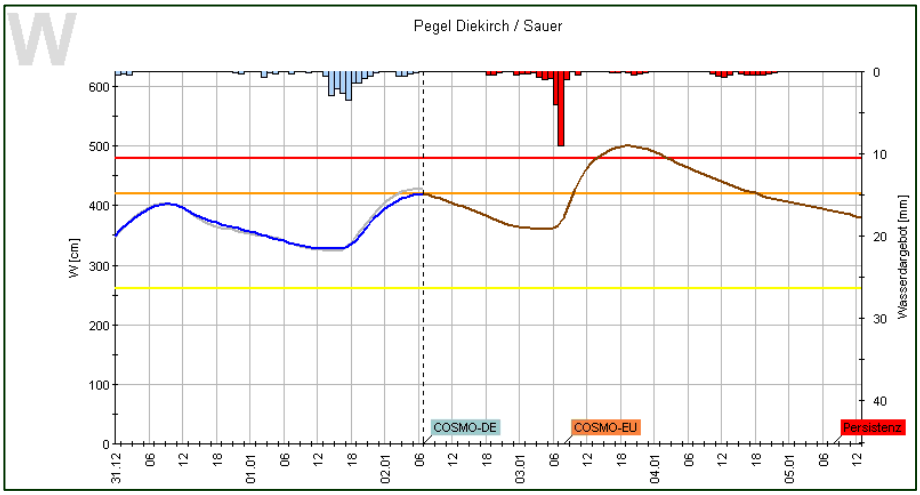


Abbildung 49: Hochwasservorhersage am Pegel Diekirch (AGE)

Sollte es die meteorologische Situation erfordern oder wird eine der festgelegten Meldestufen voraussichtlich überschritten, wird der Meldedienst in Bereitschaft (phase de vigilance) versetzt. In diesen Fällen wird eine Eröffnungsmeldung an die verantwortlichen Behörden und weitere betroffene Akteure (Presse, etc.) versendet und auf der Internetseite www.inondations.lu unter WARNUNGEN publiziert und den Abonnenten der Seite geschickt.

Wird die erste Meldestufe (cote de préalerte) an einem Pegel voraussichtlich erreicht, geht der Meldedienst in Vorwarnbereitschaft. In dieser Phase werden den Rettungsdiensten und anderen zuständigen Behörden die gemessenen Wasserstände und Niederschläge automatisch stündlich bereitgestellt. Des Weiteren sind alle Pegelstände telefonisch abrufbar. Zusätzlich wird ein Hochwasserlagebericht veröffentlicht. Dieser gibt eine Einschätzung der aktuellen Lage und der weiteren Entwicklung an den Pegeln an. Der Lagebericht wird auf der Internetseite www.inondations.lu publiziert, an bestimmte Akteure verschickt und bei Änderung der Lage aktualisiert.

Besteht die Gefahr, dass die zweite Meldestufe (cote d'alerte) überschritten wird, tritt der Meldedienst in Alarmbereitschaft. In dieser Stufe wird der Lagebericht mindestens zwei Mal am Tag und bei Änderung der Lage aktualisiert und veröffentlicht.

Ist es absehbar, dass die Wasserstände an den Pegeln wieder sinken und unter eine Meldestufe fallen, so wird die Bereitschaft schrittweise wieder aufgehoben. Sie endet mit der Veröffentlichung eines Abschlussberichtes.

Der Internetseite www.inondations.lu kann aber nicht nur der Hochwasserlagebericht entnommen werden. Da Hochwasser nicht gleichzeitig das gesamte Land betreffen muss, werden auf der Internetseite vier Einzugsgebiete unterschieden, welche je nach Gefährdungslage unterschiedlich dargestellt werden können. Es handelt sich um das Einzugsgebiet der Alzette (mit den Gewässern Mamer, Eisch, Attert und Wark), der Sauer (mit den Gewässern Wiltz, Clerve, Our, Weiße Ernz und Schwarze Ernz), der Mosel (inklusive der Syre) und der Chiers. Die Darstellung der Gefährdungslage erfolgt durch Einfärben der Gewässer auf einer Landeskarte in den Farben der Warnstufen Gelb, Orange oder Rot. Zusätzlich kann man hier wie erwähnt die Pegelganglinien und Vorhersagen aufrufen.

Ein weiterer Dienst der Hochwassermeldezentrale besteht darin, dass man sich über das Anlegen eines Benutzerkontos die Meldungen wie etwa die Eröffnungsmeldung für Hochwasser oder die Hochwasserlageberichte per E-Mail direkt zusenden lassen kann.

Zukünftig soll die Hochwasservorhersage weiter verbessert werden. So soll eine regionale Hochwasserwarnung, zusätzlich zu der aktuellen pegelbezogenen Warnung, aufgebaut werden. Hierbei wird die Warnung für einzelne Einzugsgebiete geschehen.

Aus der Analyse der Aufrufe über das Smartphone erkennt man, dass dieses Medium auch bei Hochwasserwarnung jetzt schon sehr wichtig ist. Da bei der Hochwasserwarnung nicht nur die Vorhersage, sondern auch die Übermittlung der Warnung entscheidend ist, sollen auf diesem Gebiet weitere Fortschritte gemacht werden. Konkret sollen luxemburgische Hochwassermeldepegel in die App „Meine Pegel“ des länderübergreifenden Hochwasserportals der Bundesländer integriert werden und die Hochwasserwarnungen in die App „GouvAlert“ des Staates Luxemburg integriert werden. Maßnahmen hierzu findet man im Maßnahmenkatalog des HWRM-Plan.

6.2 Hochwassermonitoring

Da es bei einem Hochwasserereignis nicht nur wichtig ist, Informationen über gefallene Niederschläge und gemessene Abflüsse zu dokumentieren, sondern auch in Erfahrung zu bringen, welche Stellen tatsächlich überschwemmt wurden, hat die AGE 2018 begonnen, ein Monitoring-Programm aufzubauen.

Bezogen auf das Flusshochwasser geht es beim Monitoring darum, die realen Überschwemmungen zu kartieren. So kann festgehalten werden, wie weit und wie hoch das Wasser an spezifischen Stellen während eines Hochwassers stand.

Dies ermöglicht es, die Informationsvorsorge weiter zu verbessern. Indem man die kartieren Überschwemmungsgebiete den gemessenen Abflüssen gegenüberstellt, erkennt man, ab welchem Hochwasserereignis verschiedenen Gebiete von Hochwasser betroffen sind oder eben noch nicht. Ebenfalls kann mit solchen Messungen die Wirksamkeit umgesetzter Hochwasserschutzmaßnahmen überprüft werden.

Des Weiteren helfen diese Messungen, die hydraulischen Modelle, welche z. B. bei der Erstellung der Hochwassergefahrenkarten zum Einsatz kommen, zu verbessern. Ein wesentlicher Arbeitsschritt bei der hydraulischen Modellierung ist die Kalibrierung des Modells. Hierbei wird die Güte des Modells bestimmt. Vereinfacht gesagt werden die Ergebnisse der Berechnung mit gemessenen Wasserhöhen verglichen. Erst wenn gerechnete und gemessene Werte gleich sind, gilt das Modell als einsatzbereit, da es bewiesen hat die Realität korrekt nachzubilden. Somit ist das Vorhandensein gemessener Werte unabdingbar.

Auch können mit den Messungen die Hochwassergefahrenkarten validiert werden. Beim Eintreten gleicher oder ähnlicher Abflüsse (beispielsweise HQ_{10}) können die Ergebnisse der Karten mit den Messungen verglichen werden.

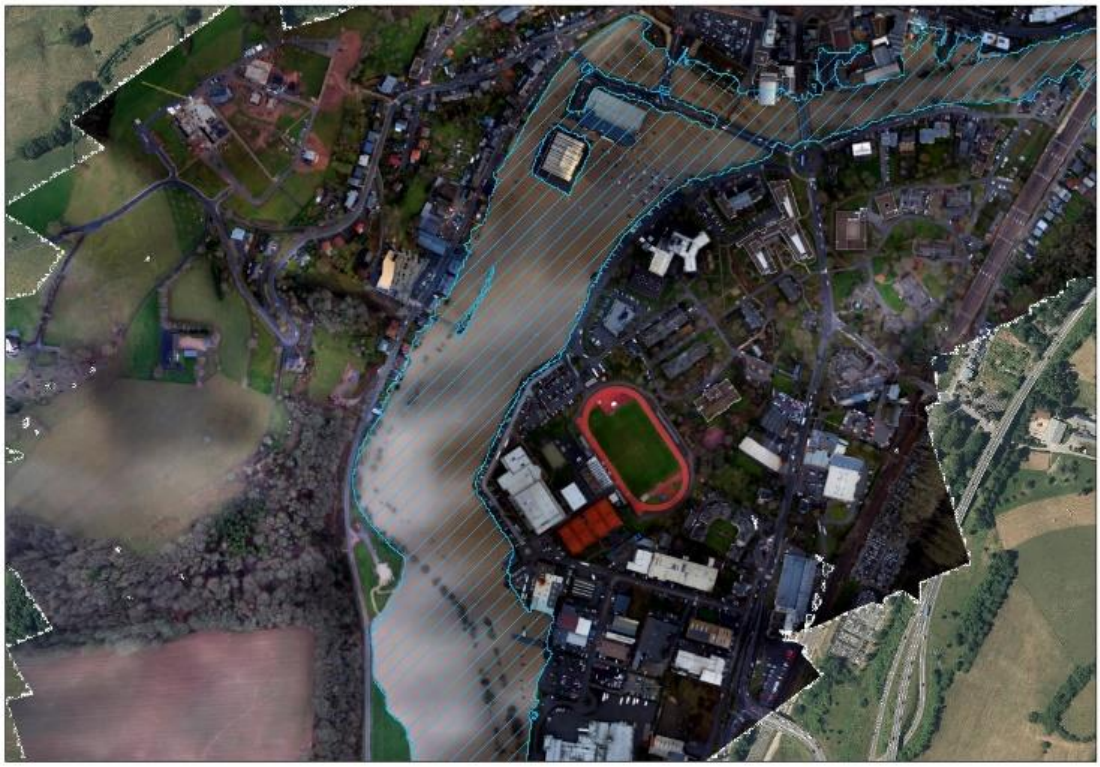


Abbildung 50: Überlagerung von Luftaufnahmen mit den HWGK (HQ_{10}, blaue Schraffur)

Ein weiterer wichtiger Punkt beim Monitoring betrifft die vorhandene Hochwasserschutzinfrastruktur. Hier wird untersucht ob diese bei einem Hochwasserereignis wie erwartet funktioniert hat, ob es Probleme gab und wie man diese, falls vorhanden, beheben kann.

Schließlich werden die Messungen bei der Risikoabschätzung und Maßnahmenableitung genutzt. Da die Hochwassergefahrenkarten lediglich drei Hochwasserszenarien abbilden, erhält man durch das Monitoring Informationen zur Betroffenheit einzelner Objekte außerhalb der berechneten Szenarien. So kann man gegebenenfalls erkennen, ob ein Gebäude schon bei sehr kleinen Ereignissen von Hochwasser betroffen ist, und gezielt hierfür Maßnahmen vorsehen.

Das Monitoring geschieht über mehrere Ebenen. Es wird unterschieden zwischen Vorort-Aufnahme und Fernerkundung.

Bei der Vor-Ort-Aufnahme spricht man auch noch von Wasserspiegellagenfixierung. Hierbei wird die Ausdehnung, und somit auch die Wasserstandshöhe, direkt vermessen. Man spricht auch noch von „Hochwassermarkierung“. Entscheidend hierbei ist, dass die Vermessung am Scheitelpunkt der Hochwasserwelle durchzuführen ist. Somit ist die Vermessungskampagne sorgfältig zu planen, um zum richtigen Zeitpunkt zu messen. Der richtige Zeitpunkt ist dabei direkt bei Erreichen des Scheitels oder kurz danach. Ein paar Stunden nach Ablauf des Scheitelpunktes erkennt man in der Regel noch den maximalen Wasserstand am zurückgebliebenen Geschwemmsel. Alternativ zur direkten Vermessung kann man einige Stellen auch temporär kennzeichnen und zu einem späteren Zeitpunkt vermessen.

Während des Hochwassers im Winter 2020 und 2021 an der Mosel wurde solche Vermessungen durchgeführt. Hierbei wurde jeweils am Scheitelpunkt der Hochwasserwelle die Ausdehnung der Überschwemmung vermessen. So erhielt man zusätzlich zur Ausdehnung noch den höchsten Wasserstand an der Stelle.

Abbildung 51: Luftaufnahme mittels Drohnen beim Hochwasser in Bettembourg Juli 2021 (AGE, Luxsense S.A.)

Bei der Fernerkundung werden für die Kartierung der Überschwemmungen Luftbilder oder Satellitenaufnahmen verwendet (Maniak, 2010). Hierbei können Drohnen, Helikopter, Flugzeuge oder sogar Satelliten zum Einsatz kommen. Die Kartierung erfolgt mittels Bildaufnahme. Hier unterscheidet man, je nach Ausrichtung der Kamera, seitliche oder horizontale Aufnahmen. Seitlich aufgenommene Bilder, beispielsweise mit einer Handkamera aus dem Inneren eines Helikopters heraus, haben den Vorteil, dass weitreichende Aufnahmen möglich sind, welche einen guten Überblick über die Überschwemmungen geben. Die Auswertung solcher Bilder ist jedoch aufwändiger.

Ist das Flugobjekt mit einer, unter diesem angebrachten, Außenkamera ausgestattet, können horizontale Bilder gemacht werden. Diese Bilder, die im 90°-Winkel zur Oberfläche gemacht werden, haben den Vorteil, dass man sie unter geringem Aufwand auswerten kann, zum Beispiel durch <einladen in eine sogenannte GIS-Software.

Mit Hilfe von Drohnen konnten beim Hochwasser im Winter 2020 zwei Stellen großflächig kartiert werden: der Raum Mersch, wo die Gewässer Eisch und Mamer auf die Alzette treffen, und Ettelbrück, wo die Wark und die Sauer zusammenlaufen. Hierbei wurden beide Gebiete horizontal aufgenommen. Zusätzlich wurden im Raum Diekirch und Steinheim seitliche Aufnahmen gemacht.

Abbildung 52: Luftaufnahme mittels Drohnen beim Hochwasser in Mersch im Februar 2020 (AGE, Luxsense S.A.)

Luftaufnahmen oder Luftfotos aus Flugzeugen oder Helikoptern kamen schon in der Vergangenheit zum Einsatz. Beide Systeme haben gegenüber den Drohnen den Vorteil, dass ihre Reichweite viel größer ist. So wurde bei dem Hochwasserereignis von 1995 die gesamte Alzette und Sauer per Flugzeug abgeflogen und die Überschwemmungen wurden fotografiert.

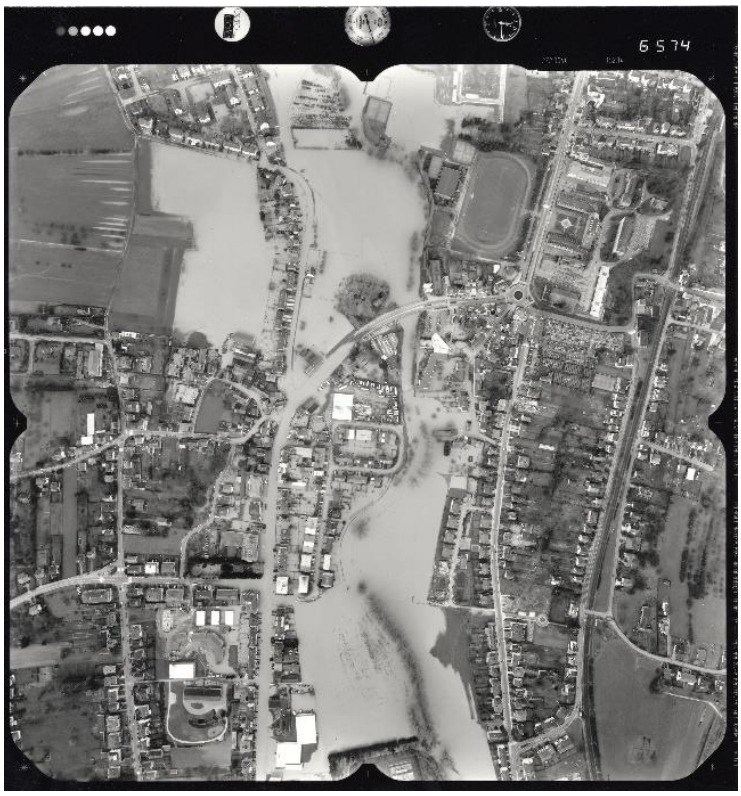


Abbildung 53: Luftaufnahme mittels Flugzeug beim Hochwasser 1995 in Walferdange (AGE)

Auch in Zukunft soll bei größeren Ereignissen auf diese Systeme zurückgegriffen werden.

Die letzte Ebene der Fernerkundung stellt die Kartierung mittels Satellitenbildern dar. Bei dem Hochwasser von 2020 hat das „Luxemburg Institute of Science“ eine Auswertung der Überschwemmungen mittels zur Verfügung

stehender Satellitenbilder gemacht. Der Vorteil besteht hier darin, dass über das ganze Land verteilt zu einem bestimmten Zeitpunkt Überschwemmungen erkannt werden können. So erkennt man relativ schnell, welche Gebiete oder Gewässer betroffen waren. Aufgrund der Auflösung der Bilder und der doch geringen Größe des Landes dient diese Auswertung jedoch nicht dazu genaue Aussagen über Wasserstände oder Betroffenheit zu machen.

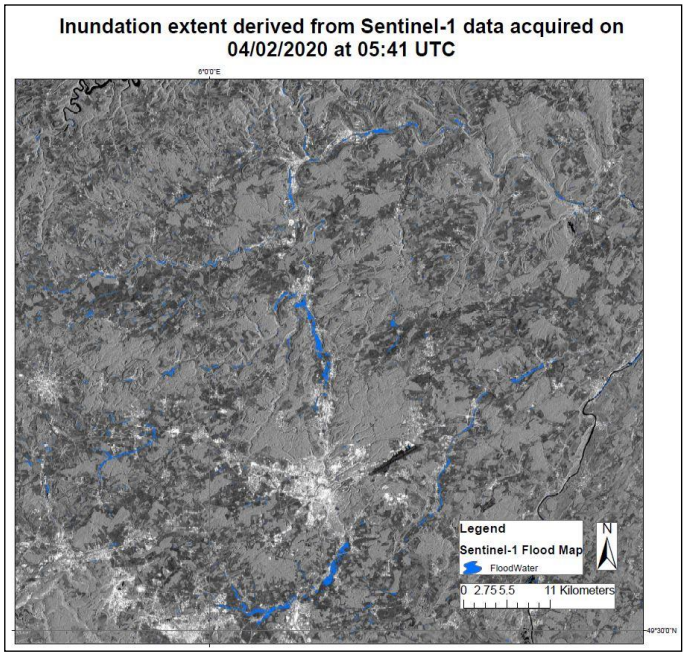


Abbildung 54: Auswertung der Überschwemmung mittels Satellitenbildern (Quelle: LIST)

Das Hochwassermonitoring soll in den nächsten Jahren weiter ausgebaut werden, da diese Erkenntnisse wie erwähnt sehr wichtig sind. Hierbei wird werden Drohnenaufnahmen und Vor-Ort-Messungen eine entscheidende Rolle spielen. Auch wird versucht, ein Programm aufzustellen, das bestimmte Stellen im Überschwemmungsgebiet vordefiniert, an denen im Hochwasserfall regelmäßig die Wasserstände aufgenommen werden. Dies erlaubt es, verschiedene Ereignisse miteinander zu vergleichen. Auch könntenan diesen Stellen Hochwassermarken angebracht werden, die die Bevölkerung an ein Ereignis erinnern, wodurch die Gefahr von Hochwasser im Bewusstsein bleibt.

Auch Starkregenereignisse werden beim Monitoring berücksichtigt. Dies ist natürlich etwas schwieriger, da hier die genaue Vorhersage hinsichtlich Zeitpunkt und Lokalisierung viel unsicherer ist. Jedoch ist es möglich direkt nach einem Ereignis noch wertvolle Informationen zum Ablauf zu erhalten. Luftaufnahmen sind hier sehr entscheidend, da man das betroffene Gebiet großflächig aufnehmen kann. So können im Nachgang präferentielle Fließwege erkannt werden. Auch problematische Stellen, etwa zu kleine Durchlässe welche das Wasser nicht abführen konnten und zu Überschwemmungen führten, können erkannt werden. Ähnlich wie bei der Validierung der Hochwassergefahrenkarten können diese Bilder zur Validierung der Starkregenkarten verwendet werden.

Die gesammelten Daten werden bei der AGE in einer internen Datenbank gespeichert, und können bei Bedarf zur Verfügung gestellt werden.

6.3 Bauen in Überschwemmungsgebieten

Ein wesentlicher Bestandteil des HWRM ist es neue Risiken innerhalb von Überschwemmungsgebieten zu vermeiden. Dies geschieht in der Regel durch die Flächenvorsorge, die dazu dient, Überschwemmungszonen frei von Bebauung zu halten. Dort wo das nicht möglich ist, greift die Bauvorsorge. Hiermit ist eine hochwasserangepasste Planung und Bauweise von Projekten gemeint. Sie soll dafür sorgen, dass neu errichtete Gebäude oder Anlagen innerhalb der festgelegten Überschwemmungsgebiete im Hochwasserfall weitestgehend frei von Schäden bleiben oder zumindest deren Nutzung schnell wiederhergestellt werden kann. Das Weiteren soll so verhindert werden, dass sich durch ein neues Gebäude keine Verschlechterung der Hochwassersituation für Dritte ergibt.

Nach luxemburgischer Gesetzgebung (Art. 39 des abgeänderten Wassergesetzes) ist es verboten, innerhalb eines Bebauungsplans neue Siedlungsbereiche mit wohnlicher oder betrieblicher Nutzung auszuweisen, sowie Anlagen und Bauten zu errichten, die das Retentionsvolumen eines Gewässers verringern oder eine Gefahr für Mensch, Güter und Umwelt darstellen können.

In bestehenden Siedlungszonen innerhalb von Überschwemmungsgebieten sind Neubauten in der Regel verboten. Erlaubt ist, unter bestimmten Bedingungen, dass bestehende Baulücken geschlossen werden. Reparatur- oder Sanierungsarbeiten an bestehenden Gebäuden sind nur erlaubt, wenn die bebaute Fläche nicht vergrößert wird.

Jedoch benennt das abgeänderte Wassergesetz (siehe Artikel 39) auch Ausnahmen, unter denen die Bauvorhaben in Einzelfällen in Überschwemmungsgebieten realisiert werden können:

Neue Siedlungszonen dürfen erschlossen werden, wenn die durch die zukünftige Bebauung verlorengehenden Retentionsräume des Gewässers adäquat ausgeglichen werden und es zu keinem erhöhten Schadensrisiko (für Mensch, Güter und Umwelt) durch Hochwasser an dieser oder anderer Stelle kommt. Hierdurch soll verhindert werden, dass die Hochwassersituation der Unter- und Oberlieger durch ein Projekt verschlechtert wird.

Jegliche Arbeiten, Bauten und Installationen innerhalb einer ausgewiesenen Überschwemmungszone sind genehmigungspflichtig (Artikel 23 des abgeänderten Wassergesetzes) und müssen somit Gegenstand eines Genehmigungsantrages bei der AGE sein. Hierbei werden alle drei ausgewiesenen Zonen (HQ_{10}, HQ_{100} und HQ_{extrem}) berücksichtigt und es ist bedeutungslos ob ein Bauvorhaben komplett oder nur zum Teil innerhalb der Überschwemmungszone liegt.

2018 wurde der Leitfaden „Bauen in Überschwemmungszonen“ (MECDD, AGE) veröffentlicht, welcher die Bestimmungen des abgeänderten Wassergesetzes zu diesem Thema beschreiben soll. Ziel war zum einen die Informationsvorsorge zum Hochwasserrisiko, zum anderen aber auch die Erläuterung des hochwasserangepassten Bauens, das eine wesentliche Voraussetzung zur Erlangung einer wasserrechtlichen Genehmigung in diesem Bereich ist. In Bezug auf die Informationsvorsorge geht der Leitfaden auf die verschiedenen Arten von Hochwasser ein und beschreibt die unterschiedlichen Gefahren für die Bausubstanz welche von diesen ausgehen.

Insgesamt wurden drei Strategien entwickelt, welche die Bauherren vorzugsweise in dieser Reihenfolge befolgen können:

- Ausweichen
- Anpassen
- Widerstehen

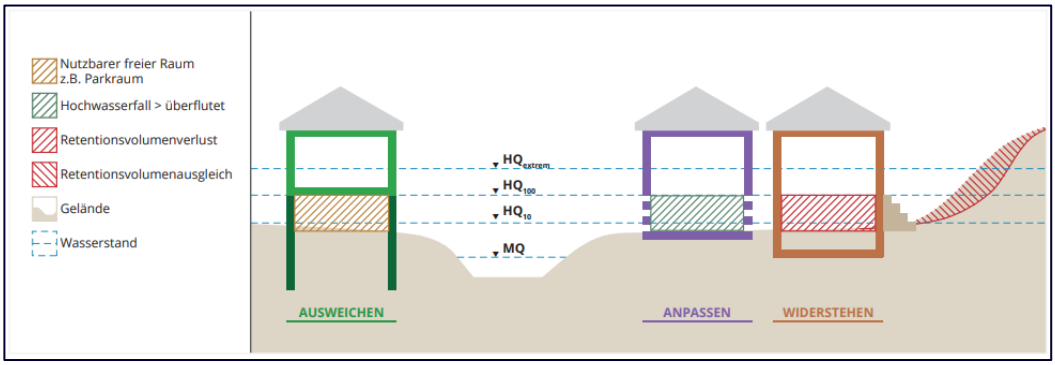


Abbildung 55: Schema der drei Strategien (Leitfaden „Bauen in Überschwemmungszonen“, AGE 2018)

Die wirksamste Strategie, um Schäden zu vermeiden, ist es, der Gefahr, weitestgehend auszuweichen, indem man Gebäude aus dem gefährdeten Bereich fernhält. Dies geschieht entweder horizontal oder vertikal. Darüber hinaus hat diese Strategie die geringste Auswirkung auf die bestehende Hochwassersituation, da kein Retentionsvolumen verloren geht.

Bei der Strategie „Anpassen“ oder auch „Nachgeben“, wird das Gebäude in das Überschwemmungsgebiet gebaut und ist somit dem Hochwasser ausgesetzt, wobei das Wasser jedoch nicht vom Eindringen abgehalten wird. Die

gewollte Flutung des Gebäudes schützt das Gebäude vor Schäden durch Auftriebskräfte, da das einströmende Wasser einen Gegendruck bildet. Zusätzlich ergibt sich der Vorteil, dass kaum Retentionsvolumen verloren geht, das aufwändig ausgeglichen werden müsste. Durch eine an die Gefahr angepasste Bauweise (geeignete Baumaterialen werden genannt) und Nutzung, besonders der unteren Geschosse (gebaut wird hier ohne Keller), sollen die Schäden minimiert und die Nutzung eines Gebäudes nach einem Hochwasserereignis mit (relativ) geringem Aufwand wiederhergestellt werden.

Bei der Strategie „Widerstehen“ wird das Gebäude ebenfalls in das Überschwemmungsgebiet gebaut und ist im Hochwasserfall dem Wasser ausgesetzt. Im Falle einer Überschwemmung muss das Eindringen des Wassers verhindert oder begrenzt werden. Dabei muss berücksichtigt werden, dass die Wirksamkeit immer nur bis zum Bemessungsziel, beispielsweise HQ_{100}, gegeben ist. Diese Bauart hat zur Folge, dass der Bereich, der vor der Bebauung als Retentionsfläche für das Hochwasser diente, nun besetzt ist. Daher ist diese Strategie nur genehmigungsfähig, wenn ein äquivalenter Ausgleich stattfindet. Dieser Ausgleich des Retentionsvolumens muss in direkter Nähe des Bauvorhabens geschehen und muss vor dem Bau des Gebäudes fertiggestellt sein.

6.4 Retentionsraumkataster

Retentionsflächen als natürliche Überschwemmungsflächen sind Gebiete entlang der Gewässer, welche periodisch überschwemmt werden. Aus dem Blickwinkel des Hochwasserschutzes steht die Retentionswirkung von natürlichen Auen im Vordergrund, zu der folgende Komponenten beitragen:

- Großzügiger Abflussquerschnitt ohne Schadenspotenzial;
- Verlangsamung des Abflusses durch geringere Fließtiefen und höhere Rauigkeit im Vorland;
- Versickerung des eingestauten Wassers.

Hierdurch ergibt sich im Unterstrom der Retentionsfläche eine Verzögerung des Gesamtabflusses, was bedeutet, dass der Hochwasserscheitelpunkt später eintrifft und insgesamt nicht so hoch ist, wie ohne das Vorhandensein der Retentionsfläche.

Daher sind natürliche Retentionsflächen ein wesentlicher Bestandteil des HWRM, welche zu erhalten und zu schützen sind.

Vor diesem Hinblick wurde das Projekt „Retentionsraumkataster“ im Jahre 2020 gestartet. Hier soll die Retentionswirkung einzelner Flächen untersucht werden. Insgesamt läuft das Projekt in mehreren Phasen ab. In der ersten Phase wurde das gesamte Retentionsvolumen der 17 Hochwasserrisikogewässer für alle drei Hochwasserszenarien bestimmt. Anschließend werden die Retentionsflächen der einzelnen Gewässer in „zusammenhängende Retentionsflächen“ eingeteilt. Ziel dieser Phase ist es, die einzelnen Retentionsräume hinsichtlich ihrer Wirksamkeit zu überprüfen. Hierfür wird eine spezifische Bewertungsmatrix entwickelt, die mehrere entscheidende Faktoren (beispielsweise Flächengröße oder Gefälle) beinhaltet. Anschließend werden die Resultate zu Karten aufgearbeitet. Diese sollen auf dem Geoportail einsehbar sein.

In der letzten Phase soll untersucht werden, ob man den Wasserrückhalt weiter erhöhen kann, beispielsweise durch Wiederanbindung der Gewässer an historische Auengebiete.

Das Projekt befindet sich aktuell noch in Bearbeitung, lediglich Phase 1 (Bestimmung des Retentionsvolumens, vergleiche Abbildung 52).

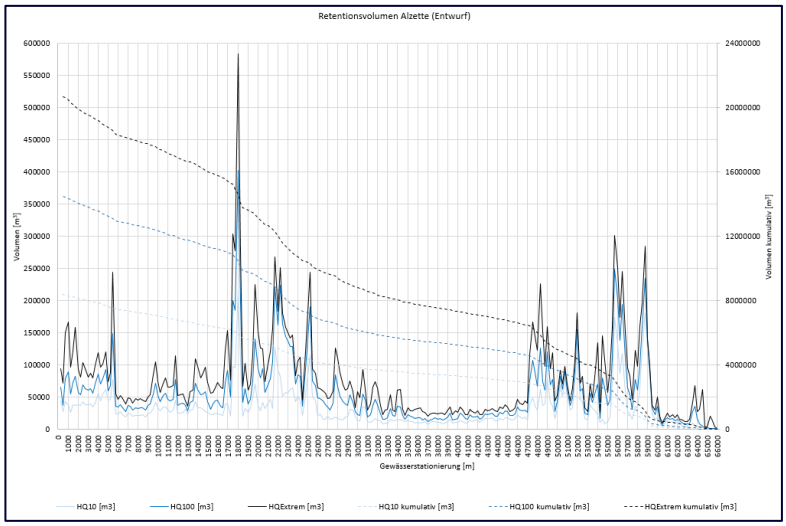


Abbildung 56: Vorhandenes Retentionsvolumen an der Alzette (aus Entwurf Retentionsraumkataster)

6.5 Bestehender Hochwasserschutz

In Luxemburg wurden in den letzten Jahren (beziehungsweise Jahrzehnten), oft als Reaktion auf Hochwasserereignisse, einige Hochwasserschutzprojekte umgesetzt. Hier werden einige dieser Maßnahmen beschrieben. Weitere Maßnahmen wurden bereits im ersten Hochwasserrisikomanagementplan erläutert.

Talsperre Esch-Sauer

Neben ihrer Funktion zur Trinkwasser- und Energiegewinnung spielt die in den 60er Jahren errichtete Talsperre ebenfalls eine Rolle bei der Verminderung von Hochwasser. Lange Zeit erfolgte die Winterabsenkung des Wasserspiegels der Talsperre ohne genaue Definition. Seit November 1994 wird nach einer klaren Betriebsregel verfahren, und es sind definierte Stauziele einzuhalten. Als Stauziele sind im Sommerhalbjahr 320 m NN und im Winterhalbjahr 317 m NN festgelegt. Ist im Winter das Stauziel von 317 m NN erreicht, so wird an der Talsperre der Abfluss dem Zufluss angepasst, dies bis zu einer schadlos abgeführten Wassermenge von 95 m³/s. Steigt der Zufluss über diesen Wert, so wird die Abgabe konstant bei 95 m³/s gehalten, damit der Hochwasserrückhalteraum von 9 Mio. m³ bis zum Stauziel 320 m NN zur Begrenzung der Hochwasserspitzen genutzt werden kann. Sollte das Ausmaß des Hochwassers ein Überschreiten dieses Stauziels befürchten lassen, so entscheidet der interministerielle Krisenstab (cellule de crise) über die weitere Vorgehensweise. Beim Überschreiten des Stauziels von 320 m NN wird die Abgabe auf Höhe des Zulaufs angehoben, um das Rückhaltevolumen von 6,7 Mio. m³ bis zur Dammkrone (322 mNN) zum Auffangen des Projekthochwassers zu nutzen ($HQ_{10.000}$ mit einem Spitzenabfluss von 650 m³ /s und einem Volumen von 64,9 Mio. m³). Um die verschiedenen Bewirtschaftungsziele der Nutzer der Talsperre zu berücksichtigen, sind neue Betriebsregeln in Planung. Um die Sicherheit der Talsperre zu gewährleisten ist eine Hochwasserentlastung am rechten Ufer in Planung, welche bei einer Einstauhöhe von 320,70 m NN automatisch aktiviert wird. Generell beträgt der Einfluss der Talsperre Esch/Sauer auf den Abfluss der Sauer in Erpeldingen 40 %, in Ingeldorf 20 % und in Rosport nur noch 10 %.

Hochwasserrückhaltebecken Welscheid

Das Hochwasserrückhaltebecken Welscheid liegt etwa 2 km südwestlich des Ortsteils Welscheid der Gemeinde Bourscheid im Hauptschluss der Wark und hat ein Einzugsgebiet von 65,6 km². Es hat einen Hochwasserrückhalteraum von 500.000 m³ und ist seit September 1999 in Betrieb. Das Rückhaltebecken ist für ein Bemessungshochwasser BHQ = 25 m³/s ausgelegt, das ungefähr einem 50- jährlichen Ereignis entspricht. Es verfügt über eine Hochwasserentlastung, die als Notüberlauf dienen soll. Betreiber des Hochwasserrückhaltebeckens in Welscheid sind die Gemeinden Ettelbrück und Bourscheid. Die Bau- und Betriebskosten wurden proportional zu den Flächen der geschützten Siedlungsareale der jeweiligen Gemeinden aufgeteilt, was 95 % der Anteile für Ettelbrück und 5 % für Bourscheid entspricht.

Abbildung 57: HWRB in Welscheid, unterhalb (AGE)

Es wurde eine technische Arbeitsgruppe gegründet, die sich zusammensetzt aus jeweils einem Vertreter der beiden Betreibergemeinden und zwei Vertretern der Wasserwirtschaftsverwaltung, die für die Überwachung und den Betrieb des Rückhaltebeckensverantwortlich ist. Das Becken wird ohne Dauerstau betrieben. Der Einstau erfolgt, sobald der Zufluss in der Wark 19m^3/s überschreitet. Abhängig von der Einstauhöhe wird der Schieber des Grundablasses angepasst, um diese konstante Abgabe zu gewährleisten. Der Grundablass ist durch einen zweiten Schieber gesichert. Die Abgabe von 19 m^3/s am Rückhaltebecken ermöglicht eine schadlose Wasserführung der Wark in den unterhalb gelegenen Ortschaften Welscheid und Ettelbrück. Dies entspricht am Pegel Ettelbrück-Wark einem Durchfluss von 25 m^3/s. Zudem ist es möglich, eine Überlagerung der Hochwasserwellen von Sauer und Wark zu vermeiden, was den Ortschaften der mittleren Sauer zugutekommt. Der letzte aktive Einstau des Beckens geschah im Februar 2019.

Abbildung 58: Eingestautes HWRB in Welscheid im Februar 2019 (AGE)

Die Planung dieses Bauwerkes war sehr umfangreich. Neben hydrologischen und hydraulischen Untersuchungen mussten Studien zum Einfluss des Beckens auf die aquatischen Lebewesen, Risikoanalysen, Standsicherheitsuntersuchungen und natürlich Kosten-Nutzen-Analysen durchgeführt werden.

Hochwasserschutz Ingeldorf

Der Großteil der Häuser des Dorfes Ingeldorf sind Bungalows, die ihr bewohnbares Erdgeschoss nur wenige Dezimeter über dem Grund haben. Daher haben diese Häuser bei den Hochwassern der Sauer von 1993 und 1995 schwere Schäden erlitten. Zwischen 1996 und 2004 wurde ein ganzer Maßnahmenkatalog umgesetzt, um den Hochwasserschutz für ca. 80 Wohnungen zu verbessern. Entlang des ganzen Dorfes wurde eine Kombination von Mauer und Damm gebaut. Zudem wird das Oberflächenwasser sowie das Drainagewasser während des Hochwassers mit mobilen Pumpen abgepumpt, welche von landwirtschaftlichen Maschinen angetrieben werden. Um das Rückhaltevolumen auszugleichen, das bei den baulichen Hochwasserschutzmaßnahmen verloren gegangen ist, wurde oberhalb des Dorfes ein Volumen von mehr als 80.000 m³ eingerichtet. Entlang des Dorfes wurden der Flussquerschnitt und somit auch das Rückhaltevolumen vergrößert. Diese Maßnahmen ziehen unter anderem auch eine ökologische Aufwertung der Ufer nach sich.

Abbildung 59: Hochwasserschutzmauer in Ingeldorf (AGE)

Abbildung 60: Überschwemmte Ausgleichsfläche zur Widerherstellung des Retentionsvolumen „im Ahl“ (AGE)

Hochwasserschutz Diekirch

Zwei Stadtviertel der Stadt Diekirch sind stark von Hochwasser betroffen, weshalb hier der Hochwasserschutz im Jahr 2005 auf denselben Grad wie im oberhalb gelegenen Ingeldorf ausgebaut wurde. Bei den umgesetzten Maßnahmen handelt es sich konkret um Mauern und Dämme entlang der bestehenden Wohngebäude, eine Eindeichung am „Tirelbaach“ sowie um die Erhöhung der ehemaligen Bahnstrecke entlang der Sauer mit gleichzeitiger Umgestaltung als Radweg. Das Oberflächenwasser und das Dränagewasser wird in zwei Pumpenbauwerken mit Überlauf gesammelt und in die Sauer gepumpt.

Abbildung 61: Hochwasserschutzmauer in Diekirch (AGE)

Um verlorenes Rückhaltevolumen auszugleichen, wurde an einigen Stellen Boden abgetragen und der Abflussquerschnitt erhöht, insbesondere in der „Spidolswiss“ oberhalb der Straßenbrücke und bei der Neugestaltung des Campingplatzes der Gemeinde.

Abbildung 62: Hochwasserschutz in Diekirch: Schutzgegen Kanalrückstau (rechts) und Eindeichung des Tirelbachs (links) (AGE)

Außerdem wurde das feste Wehr in der Oberstadt von Diekirch in eine bewegliche, regelbare Anlage umgestaltet, die bei Hochwasser durch den Wasserdruck automatisch abgesenkt wird. Es ist das bisher einzige Schlauchwehr in Luxemburg.

Abbildung 63: Schlauchwehr in Diekrich bei Hochwasser (AGE)

Hochwasserschutz Echternach

Nach den Hochwasserereignissen von 1993, 1995 und 2003 wurde für Echternach ein Hochwasserschutzkonzept erstellt, das mehrere Maßnahmen vorsah und 2004 (komplett) umgesetzt wurde. Hierbei wurden unter Berücksichtigung der Gewässer Sauer, Lauterbornerbach und Osweilerbach aktive und passive Maßnahmen entwickelt.

Bei der aktiven Maßnahme handelte es sich um die Umgestaltung der Sauer, genauer um die Erhöhung des Abflussquerschnittes. Diese Maßnahme hatte zum Ziel, die Wasserstände abzusenken. Insgesamt wurden ca. 25.000 m^3 Auflandungen im Gewässerbett entfernt.

Die passiven Maßnahmen hatten den Schutz gegen die verbleibenden Wasserstände zum Ziel. Der bestehende Bahndamm wird als passiver Hochwasserschutz genutzt und wurde um 700 m flussaufwärts ausgebaut. Hierzu wurde ein 150 m langer Erdwall an den bestehenden Damm angeschlossen und um eine 550 m lange Stahlbetonmauer verlängert. Diese Mauer ist mit Öffnungen versehen, die bei Hochwasser durch mobile Elemente zu verschließen sind.

Abbildung 64: Hochwasserschutzmauer in Echternach (AGE)

Bei diesem Konzept musste darauf geachtet werden, dass Rückstaueffekte der Seitenzuflüsse der Sauer, Lauternbornerbach und Osweilerbach, nicht in die Innenstadt gelangen. Für den Lauterbornerbach wurde dies durch die Nutzung beziehungsweise Erhöhung der bestehenden historischen Mauern und Integration von mobilen Schutzelementen umgesetzt. Durch begleitende Renaturierungsmaßnahmen konnten im Bereich der historischen Stadtmauern und im Mündungsbereich 6.100 m^3 Retentionsvolumen geschaffen werden. Am Osweilerbach wurden Wehranalgen errichtet, die bei Hochwasser den Osweilerbach gegen Rückstau der Sauer absperren. Das Wasser des Osweilerbaches wird über einen 230 m langen unterirdischen Kanal in die Sauer umgeleitet.

Abbildung 65: Umleitung des Osweilerbaches bei Hochwasser (AGE)

Da die gesamten Maßnahmen einen Verlust an Retentionsvolumen zur Folge hatten, wurde der Echternachersee als Kompensationsmaßnahme in das Konzept integriert. Im Hochwasserfall kann demnach der Lauterbornerbach in den Echternacher See umgeleitet werden, wodurch der Zufluss in die Sauer abgemindert wird.

Hochwasserschutz in Mondorf-les-Bains

Zum Schutz der Ortschaft Mondorf-les-Bains wurde 2006 ein Hochwasserschutzkonzept erstellt, das mehrere Maßnahmen vorsah. Davon wurden bereits mehrere umgesetzt, wobei die Renaturierung der Gander in der Ortsmitte und der Bau eines Bypasses hervorzuheben sind. Ziel der Renaturierung der Gander war neben der ökologischen Aufwertung auch, dem Gewässer bei Hochwasser mehr Platz zu geben. Durch die erhöhte Abflussleistung wird der Zeitpunkt, an dem das Gewässer an der „Avenue des Bains“ austritt, verschoben. Die Maßnahme wurde auf einer Länge von 300 m umgesetzt. Hierbei wurde das Winterbett der Gander um 30 m verbreitert. Insgesamt wurden hierbei 11.500 m^3 Boden entfernt.

Abbildung 66: Gander in Mondorf-les-Bains, während der Arbeiten und nach Fertigstellung bei Hochwasser

Der Hochwasserbypass, der bei Hochwasser die Abflussleistung erhöht, wurde am Gewässerkilometer 5,5 realisiert. Der Eingang des Bypasses ist mit einer festen Schwelle einer Höhe von 187,47 m NN gesichert. So wird sichergestellt, dass dieser erst ab dem gewünschten Hochwasserabfluss aktiviert wird und nicht schon bei Mittelwasser. Mit einer Länge von über 500 m und einer Sohlbreite von 10 m soll dieses System die Ortschaft Mondorf-les-Bains vor Überschwemmungen schützen.

Abbildung 67: Hochwasserbypass der Gander in Mondorf-les-Bains

Hochwasserschutz Bissen

Nach den starken Hochwasserereignissen an der Attert in Bissen der 1990er Jahre wurde für die Gemeinde Bissen ein Hochwasserschutzkonzept erstellt, und es wurden geeignete Maßnahmen zum Schutz definiert. Von diesen Maßnahmen wurden in den Jahren 2003-2004, 2009 und 2011 mehrere Renaturierungs- und Hochwasserschutzmaßnahmen realisiert. Hierbei wurde durch Geländeabtrag von ca. 30.000 m3 Retentionsvolumen hinzugewonnen. Das bestehende Wehr in Bissen wurde zudem verbreitert, und das vorhandene mechanische Schütz wurde durch ein elektromechanisches ersetzt. Zudem wurde das Vorland zu beiden Seiten abgesenkt und die Sohle der Attert gehoben.

Auf der Höhe der Cité Albert Raths wurde außerdem ein Hochwasserbypass installiert, der die Abflussleistung erhöht.

Abbildung 68: Hochwasserbypass an der Attert in Bissen (AGE)

Abbildung 69: Übersicht über die Renaturierungsarbeiten an der Attert, oben: 2003, unter 2019 (Geopotail.lu)

Renaturierung der Weißen Ernz

Die Weiße Ernz wurde zwischen Koedange und Heffingen (Soup) auf einer Länge von rund 5 km renaturiert. Hierbei wurde das Gewässer wieder in seinen ursprünglichen Thalweg verlegt. Des Weiteren wurde die Sohle des Gewässers angehoben und es wurden Mäander angelegt. Dieses Projekt bewirkt eine Verzögerung der Hochwasserwelle flussabwärts, was besonders der Ortschaft Larochette zugutekommt. Insgesamt konnten 110.000 m^3 Retentionsvolumen geschaffen werden.

Abbildung 70: Überblick über die Renaturierung der Weißen Ernz, rechts vor der Umsetzung, links danach (AGE)

Abbildung 71: Überblick über die Renaturierung der Weißen Ernz, rechts 2004, links 2019 (Geoportail.lu)

Hochwasserschutz Warken

Nach dem Hochwasserereignis von 1993 wurden auch an der Wark mehrere Maßnahmen umgesetzt. Als Zusatzmaßnahme zum Hochwasserrückhaltebecken in Welscheid wurde hier neben der Aufweitung des Abflusskorridors der Wark ein Deich aufgeschüttet. Die Erhöhung der Abflussleistung der Wark geschah durch das Schleifen des vorhandenen Wehres und die Vertiefung des Gewässers. Der Deich soll verhindern, dass das Wasser bei Hochwasser bei Gewässerkilometer 1,9 über die landwirtschaftlich genutzte Fläche hin zur „rue de Welscheid“ und so in die Ortschaft selbst gelangt. Für die Bemessung wurde das Hochwasser von 1993 herangezogen.

Abbildung 72: Deich an der Wark in Warken, links an der Geländeerhöhung zu erkennen (AGE)

Von einer kompletten Eindeichung der Fläche wurde damals abgesehen, da das Wasser bei hohem Stand im Gewässer über die Kanalisation an die Oberfläche in die Ortschaft gelangen würde. Rückschlagklappen waren ebenfalls keine Option, da das Niederschlagswasser sonst nicht wegzuschaffen gewesen wäre. Dies erklärt, warum die Entscheidung getroffen wurde, die Abflussleistung im Gewässer zu erhöhen.

Hochwasserschutzmauer Larochette

Als eine von mehreren umgesetzten Hochwasserschutzmaßnahmen in der Gemeinde Larochette wurde an der „rue du Golf“ eine Hochwasserschutzmauer mit mobilen Verschlusselementen errichtet. Die Bemessung der Mauer geschah anhand des das Hochwasserereignis von 2011.

Abbildung 73: Hochwasserschutzmauer in Larochette (AGE)

6.6 Katastrophenschutz

In Luxemburg untersteht der Katastrophenschutz dem Innenministerium, wobei die Hochwasserwarnung bei der AGE im Umweltministerium angesiedelt ist. Die Zusammenarbeit zwischen CGDIS (Corps Grand-Ducal d'Incendie et de Secours, früher Administration des Services des Secours, ASS) und AGE bei der Koordinierung von Einsätzen bei Hochwasser und der Hochwasservorsorge ist bereits seit vielen Jahren fester Bestandteil der Arbeit beider Verwaltungen. Das Großherzogliche Feuerwehr- und Rettungskorps vereint seit dem 1. Juli 2018 die meisten bis

dahin mit Aufgaben des Bevölkerungsschutzes vertrauten Organisationen in Luxemburg unter einem Dach. Es wurde auf Grundlage des Gesetzes vom 27. März 2018 ins Leben gerufen.

6.6.1 Nationale Alarm-und Einsatzpläne

Im Rahmen der Aufstellung des 1. HWRM-Plans hat sich erwiesen, dass die Prozeduren beider Verwaltungen nicht mehr auf dem letzten Stand und teilweise nicht offiziell festgelegt sind. Um Klarheit zu schaffen und den Erwartungen der HWRM-RL gerecht zu werden wurde in enger Zusammenarbeit ein nationaler Alarm-und Einsatzplan Hochwasser (Plan d'intervention d'urgence en cas d'inondations, PIU inondations) ausgearbeitet. Dieser hält offiziell alle Prozeduren fest und legt die operativen Arbeitsschritte sowie die jeweiligen Zuständigkeiten fest. Ein wichtiger Bestandteil des PIU Inondations war es den bestehenden Krisenstab (cellule de crise) neu aufzubauen und die Teilnehmer und Aufgaben zu aktualisieren. Außerdem wurde die Hochwassermeldezentrale Luxemburgs , die als beratende Gruppe des Krisenstabs fungiert, eingebunden. Der besagte PIU Inondations beschreibt das Vorgehen der Hochwassermeldezentrale Luxemburgs und deren Aufgaben. Grundsätzlich wurde festgehalten, dass der CGDIS ausschließlich die Rettungseinheiten (Feuerwehr und Zivilschutz) informiert und koordiniert; die AGE übernimmt die Information der Presse und der Öffentlichkeit. Die drei wichtigsten Organe und deren Aufgaben sind hier unten aufgelistet. Das Gesamtdokument PIU Inondations kann über die Internetseite www.infocrise.lu eingesehen werden.

- Der Krisenstab (cellule de crise) ist auf Verwaltungsebene angesiedelt Koordiniert alle Aktionen.
- Die Hochwassermeldezentrale (HMZ) kümmert sich um die Hochwasservorhersage und stellt die Informationen zur aktuellen Lage und deren möglichen Entwicklung bereit.
- Der CGDIS ist die technisch operative Zelle die den Einsatz der Hilfskräfte koordiniert.

Es wurde festgehalten, dass die aktuelle Hochwasserlage und die Vorhersagen auf der Internetseite www.inondations.lu publiziert werden. Der Hochwassermeldebericht der AGE wird ebenfalls auf dieser Internetseite veröffentlicht. Da im Katastrophenfall die Seite www.infocrise.lu die einzig funktionierende Internetseite des Staates ist, musste sichergestellt werden, dass die Internetseite www.inondations.lu im Hochwasserfall weiterhin abrufbar bleibt.

In der Regel wird ein PIU erst benötigt, wenn von der Regierung eine nationale Krise ausgerufen wurde, also bei einem großen Hochwasser. Zu dem Zeitpunkt wird das Haut-Commissariat à la Protection Nationale, kurz HCPN aktiv. Diese staatliche Institution ist zuständig für die nationale Sicherheit und die jeweiligen Alarm-und Einsatzpläne, somit auch für den PIU. Die Vorgehensweise und Arbeitsschritte der Hochwassermeldezentrale und des CGDIS werden jedoch bereits bei kleineren Hochwasser ausgeführt.

Im Zuge der Ausarbeitung des PIU wurden Verhaltensregeln für den Hochwasserfall aufgestellt. Diese sind auf den Internetseiten www.inondations.lu, www.infocrise.lu sowie auf dem Internetportal der Meteolux (www.meteolux.lu) abrufbar. Die Verhaltensregeln unterscheiden sich je nach der Überschreitung der Meldestufen 1 und 2, sprich lokale Überschwemmungen, Warnstufe orange und weitreichende Überschwemmungen, Warnstufe rot. Auch werden sie bei einem Hochwasserfall direkt unter dem Hochwassermeldebericht angezeigt.

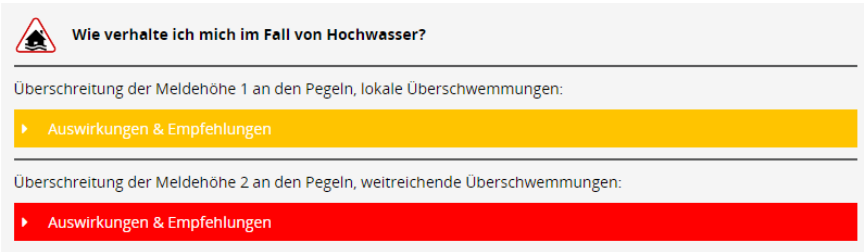


Abbildung 74: Verhaltensregeln im Hochwasserfall (www.inondations.lu)

Des Weiteren gibt es einen nationalen Alarm- und Einsatzplan für Unwetter (PIU Intempéries). Dieser wurde bereits 2015 erstellt und kürzlich aktualisiert, u. a. wurden die Spezifitäten der Starkregenereignisse und deren Folgen eingearbeitet.

Ein weiterer entscheidender Vorteil aus der Zusammenarbeit von AGE und CGDIS birgt die Möglichkeit, im Falle eines größeren Hochwassers den Copernicus Emergency Management Service zu aktivieren. Der CGIDS koordiniert in Luxemburg die Aktivierung des Erdbeobachtungsprogramms der Europäischen Union, bei dem die

Überschwemmung anhand von Satellitenbildern innerhalb weniger Tage kartiert werden kann. Jedoch sind Satelliten nur hilfreich bei wolkenlosem Himmel, was leider bei Hochwasser nicht häufig der Fall ist. Daher gibt es das Pilotprojekt SASISA der ESA (European Space Agency), das Flugzeuge mit speziellen Kameras ausrüstet und somit bei jeder Wetterlage gute Luftbilder erfassen kann. Der CGDIS wird die AGE über die Ergebnisse des Projektes in Kenntnis setzen und die Möglichkeit eines solchen Einsatzes im Hochwasserfall prüfen.

Im Rahmen der Öffentlichkeitsbeteiligung zum 2. HWRM-Plan ist eine weitere Sitzung mit dem CGDIS geplant. Die Erkenntnisse aus diesem Treffen werden in der Endfassung des Berichts erläutert

6.6.2 Interministerielle Plattform zur Reduktion von Katastrophenrisiken

Die nationale Plattform zur Reduktion von Katastrophenrisiken basiert auf dem Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015-2030 der Vereinten Nationen (UN Sendai Framework for disaster risk reduction). Gegründet wurde sie im Dezember 2020 über eine Entscheidung des Regierungsrates. Es handelt sich um ein neues, nachhaltiges Netzwerk, das die Zusammenarbeit und den regelmäßigen Austausch von Informationen und Daten verschiedener Ministerien, Institution und Initiativen aus unterschiedlichen Kompetenzbereichen koordinieren soll.

Die Plattform zur Reduktion von Katastrophenrisiken stellt die nationale Anlaufstelle für diesbezügliche Themen dar und setzt sich zusammen aus einem nationalen Koordinator, angesiedelt im Innenministerium, einem interministeriellen Ausschuss mit Vertretern aus allen Ministerien sowie thematischen Arbeitsgruppen. Um eine interdisziplinäre Zusammenarbeit zu gewährleisten, werden die Kommunen, der private Sektor, Forschungsinstitute und die Zivilgesellschaft in die Arbeit der Plattform eingebunden.

Extreme Ereignisse wie Hochwasser, Wirbelstürme, Sturzfluten, Hitzewellen, aber auch biologische Gefahren stellen unsere Gesellschaft vor große Herausforderungen. Die thematischen Arbeitsgruppen haben als Ziel, Faktoren, welche die Vulnerabilität in Katastrophen- und Notsituation erhöhen, zu identifizieren und zu reduzieren. Themen, die unter anderem besprochen werden, sind die Arbeiten der Katastrophenvorsorge und die Konsultation bei der Ausarbeitung von Notfallplänen und Prozeduren, die Erarbeitung einer zugänglichen und verständlichen Risikoinformation inklusive Kommunikation in Notlagen sowie das Erstellen von Empfehlungen.

Derzeit haben sich bereits zwei Arbeitsgruppen getroffen und ausgetauscht: AG Risikokartografie/Vulnerabilität und AG für eine inklusive Vorbereitung auf Katastrophen. Weitere Arbeitsgruppen sind in Aufstellung und werden in naher Zukunft ein erstes Mal einberufen: eine AG zur Einbindung der lokalen Ebenen (Gemeinden), eine wissenschaftliche AG (multisektorielle Risikoanalyse, Methodologien, Austausch Forschungsbereich und Entscheidungsträger) und eine AG, die sich dem Thema Verlustdaten und Schadensdaten (disaster loss data) annehmen soll.

6.7 Hochwasserpartnerschaften

Als Mittel zum Zweck wurden im Rahmen des INTERREG IV-A Projekts „FLOW MS - Hoch- und Niedrigwasser-management im Mosel- und Saareinzugsgebiet“ an allen größeren Flussabschnitten in Luxemburg, im Saarland und in Rheinland-Pfalz in den Jahren 2009-2013 Hochwasserpartnerschaften gegründet. Diese entstehen durch den freiwilligen Zusammenschluss von Kommunen, Behörden und betroffenen Akteuren.

Die Betreuung der Hochwasserpartnerschaften erfolgte zu Beginn in Luxemburg durch das HPI (Internationales Betreuungszentrum für Hochwasserpartnerschaften), angesiedelt bei den Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS) in Trier/Rheinland-Pfalz. Nach und nach zog sich das HPI aus der Betreuung zurück, da sich die Partnerschaften selber aufstellen und, mit Unterstützung des Wasserwirtschaftsverwaltung, eigenständig organisieren sollten. Ziele der Arbeit in den Hochwasserpartnerschaften sind die Förderung der Bewusstseinsbildung für Hochwassergefahren bei den Betroffenen auf lokaler Ebene, die Verbesserung der Zusammenarbeit im Hochwasserschutz sowie die Stärkung der Ebene der Kommunen, ihrer Verbände und der betroffenen Bürger. Eine weitere wesentliche Aufgabe für die Hochwasserpartnerschaften ist der Informationsaustausch durch direkte Kommunikation.

Die Öffentlichkeitsbeteiligung wurde in einem frühen Stadium begonnen. Seit 2011 gibt es sieben Hochwasserpartnerschaften (Obere Alzette, Uelzechtdall, Untere Sauer, Mosel, Nordstad, Attert und Syre). Die

Hochwasserpartnerschaften an der Syre und Oberen Alzette werden von den jeweiligen Flusspartnerschaften geführt. Die Hochwasserpartnerschaft der Attert wird durch die „Maison de l'eau" vertreten. Im Jahr 2019 wurde im Rahmen der Gründung einer Flusspartnerschaft entlang der Chiers eine achte Hochwasserpartnerschaft ins Leben gerufen.

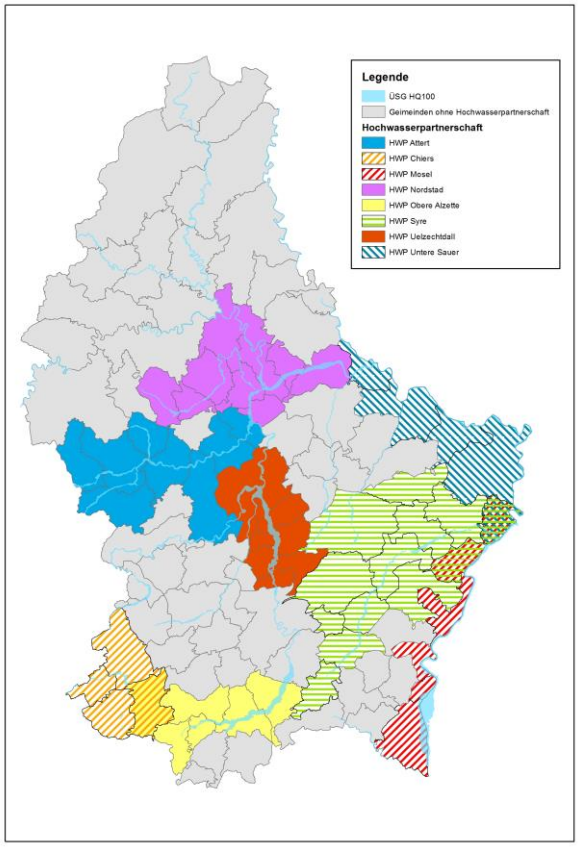


Abbildung 75: Hochwasserpartnerschaften in Luxemburg

Nach Publikation des ersten Hochwasserrisikomanagementplans im Dezember 2015 wurde zur Halbzeit des Zyklus ein Treffen der Partnerschaften von der AGE vorgeschlagen. Ziel dieses Treffens war es, den Stand der Umsetzung der Maßnahmen in den jeweiligen Partnerschaften darzulegen und zu besprechen.

Nach dem Hochwasserereignis vom Juli 2021 wurden wieder Treffen mit einigen der Hochwasserpartnerschaften abgehalten. Diese Treffen dienten hauptsächlich als Austauschs Plattform zwischen den Gemeinden, der AGE und Vertretern des CGDIS. So konnte das Hochwasserereignis noch mal aufgearbeitet werden, wobei die Gemeinden und der CGDIS die Möglichkeiten hatten ihre Sichtweise auf das Ereignis wieder zu geben, Schwachpunkte zu benennen und Verbesserungsvorschläge zu unterbreiten.

6.8 Wasserrahmenrichtlinie

Am 22. Dezember 2000 trat die Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik, kurz Wasserrahmenrichtlinie (WRRL), in Kraft. Damit wurde erstmals europaweit eine einheitliche und gemeinsame Grundlage für die Bewirtschaftung der Gewässer geschaffen und das ökologische Gesamtziel des „guten Zustandes", der bis Ende 2015 für alle Gewässer der EU erreicht werden soll, eingeführt.

Zudem wurde mit der WRRL in der Europäischen Union eine ganzheitliche Betrachtung der Gewässer eingeführt. Die Gewässer werden nun nicht mehr nach administrativen Grenzen, sondern flussgebietsbezogen betrachtet, das heißt von ihrer Quelle bis zur Mündung ins Meer, inklusive aller Zuflüsse, des zugehörigen Grundwasser, der Übergangsgewässer und Küstengewässer. Die nationalen Einzugsgebiete der EU-Mitgliedstaaten werden bestimmten Flussgebietseinheiten zugeordnet und gegebenenfalls müssen die Gewässer über Staatsgrenzen

hinweg gemeinsam bewirtschaftet werden.

Kernziel der WRRL ist es, dass alle europäischen Gewässer, das heißt Flüsse und Seen, das Grundwasser, die Küstengewässer sowie die Übergangsgewässer, die Süßgewässer mit Meeresgewässern verbinden (wie z. B. Flussdeltas), bis zum Ende des Jahres 2015 einen „guten Zustand“ erreichen. Genauer bedeutet dies:

- den guten ökologischen und guten chemischen Zustand für die natürlichen Oberflächengewässer zu erreichen;
- das gute ökologische Potenzial und den guten chemischen Zustand für die erheblich veränderten und künstlichen Oberflächengewässer zu erreichen;
- den guten chemischen und guten mengenmäßigen Zustand für das Grundwasser zu erreichen.

Die Gewässerbewirtschaftung ist zudem so zu gestalten, dass der gegebene Zustand der Gewässer nicht verschlechtert wird. Neben dem Zielerreichungsgebot gilt somit auch ein Verschlechterungsverbot.

Die WRRL bezieht sich auf alle Gewässer des Landes mit einem Einzugsgebiet > 10 km^2, genannt Oberflächenwasserkörper (OWK). Die HWRM-RL berücksichtigt direkt nur die Gewässer, an denen ein signifikantes Hochwasserrisiko nachgewiesen wurde. Des Weiteren werden die Gewässer im Zuge der Umsetzung der WRRL, wenn nötig, in kleinere OWK unterteilt. Tabelle 31 zeigt die Zugehörigkeit der Risikogewässer zu den OWK. Die Verfahren, nach denen die Benennung der OWK gemacht wurden, können dem Bewirtschaftungsplan der WRRL entnommen werden.

Tabelle 32: Übersicht der APSFR-Codes und OWK-Bezeichnungen

Gewässer	APSFR-Code	OWK
Mosel	LU RB_000 A01	I-1
Syre	LU RB_000 A02	I-2.1, I-3.1
Sauer	LU RB_000 A03	II-1, III-1.1.a, III-1.1.b, III-2.1.1, III-2.2.1, III-3.a, III-3.b,
Schwarze Ernz	LU RB_000 A04	II-4
Weiße Ernz	LU RB_000 A05	II-5
Wiltz	LU RB_000 A06	IV-1.1.a , IV-1.1.b, IV-2.1
Clerve	LU RB_000 A07	IV-3.1.a, IV-3.1.b
Our	LU RB_000 A08	V-2.1, V-1.1, V-1.2
Alzette	LU RB_000 A09	VI-4.2, VI-3, VI-1.1.a, VI-1.1.b, VI-4.1.1.b, VI-2.1, VI-4.1.1.a
Wark	LU RB_000 A10	VI-5.1.a, VI-5.1.b, VI-5.3
Attert	LU RB_000 A11	VI-6, VI-8.1.a
Roudbach	LU RB_000 A12	VI-7.1
Pall	LU RB_000 A13	VI-9.a
Eisch	LU RB_000 A14	VI-10.1.b, VI-10.1.a
Mamer	LU RB_000 A15	VI-11.b, VI-11.a
Gander	LU RB_000 A16	I-6.1, I-6.3
Chiers	LU RB_001 A17	VII-1.1

6.8.1 Signifikante Belastungen nach WRRL

Besonderes Augenmerk bei der Umsetzung der HWRM-RL, im Hinblick auf die Ziele der WRRL, gilt der Verwirklichung von Maßnahmen am und im Gewässer. Neue Projekte sind dabei so zu planen und umzusetzen, dass signifikante hydromorphologische Belastungen auszuschließen sind. Hierbei handelt es sich um Beeinträchtigungen der Morphologie, der Durchgängigkeit und des Wasserhaushalts. Im Rahmen der Untersuchung der hydromorphologischen Qualitätskomponenten im Zuge der Erstellung des dritten Bewirtschaftungsplanes der WRRL wurden die folgenden Belastungstypen betrachtet und hinsichtlich ihrer Signifikanz bewertet:

- Morphologie: strukturelle Belastungen und Schadstrukturen;
- Durchgängigkeit: Querbauwerke, Durchlässe und Verrohrungen (⩾ Klasse 3);
- Wasserhaushalt: Belastungskriterien auf OWK-Ebene (⩾ Klasse 3);

Die Quantifizierung der signifikanten Belastungen je Oberflächenwasserkörper erfolgt für die Morphologie über die Gesamtstrecke [m], die von der entsprechenden Belastung betroffen ist. Die Belastungen der Durchgängigkeit je Oberflächenwasserkörper werden als Gesamtzahl der signifikant belastenden Querbauwerke [n] sowie als Gesamtstrecken der signifikant belastenden Durchlässe und Verrohrungen bezogen auf die entsprechende Belastung angegeben.

Es ist zu erwähnen, dass auch Wasserentnahmen hier aufgeführt werden, diese aber bei der Umsetzung der HWRM-RL keine Rolle spielen und daher nicht weiter darauf eingegangen wird.

Die Einschätzung des morphologischen Zustandes eines Gewässer(-abschnittes) beruht auf der Strukturgütekartierung, die im Zuge des dritten Bewirtschaftungsplanes die Strukturgütekartierung erneuertm wurde

..

Die Gewässerstruktur eines Kartierungsabschnittes, der je nach Gewässergröße 100 m, 500 m oder 1.000 m lang ist, wird anhand von Einzelparametern erhoben und anschließend in Form eines mehrstufigen Aggregationsverfahrens bewertet. Die Strukturgüte wird in jedem Kartierungsabschnitt anhand von 26 Einzelparametern (EP) erfasst und bewertet. Diese Einzelparameter werden stufenweise zu sechs Hauptparametern (HP), drei Gewässerbereichen (Sohle, Ufer, Land) und schließlich zur Gesamtbewertung des Kartierungsabschnitts aggregiert. Die Bewertung der Gewässerstruktur basiert somit auf einer objektiven und jederzeit nachvollziehbaren Erfassung bestimmter Einzelparameter.

Die Bewertung der Kartierabschnitte erfolgt mittels sieben Strukturklassen. Die Klasse 1 stellt dabei einen Gewässerzustand dar, der keine oder allenfalls sehr geringe Beeinträchtigungen der natürlichen Struktur und Dynamik aufweist. Kartierabschnitte, die mit der Klasse 7 bewertet werden, sind vollständig anthropogen überprägt und weisen keinerlei gewässerökologische Wertstrukturen auf (z. B. vollständig ufer- und sohlenverbaute Abschnitte in Siedlungslage).

Auf die Ergebnisse der Erhebung der Gewässerstruktur wurde anschließend das Strahlwirkungskonzept angewandt, dessen grundlegende Annahme es ist, dass aquatische Lebensgemeinschaften ausgehend von Gewässerbereichen mit guten Habitatbedingungen weniger gute Bereiche wiederbesiedeln können. Das Konzept nutzt diese Strahlwirkung für eine strategische Gewässerplanung zur flächendeckenden Verbesserung des ökologischen Zustandes bzw. des ökologischen Potenzials.

Das Ziel des Strahlwirkungskonzeptes ist es, einen hydromorphologischen Zielzustand festzulegen (Anforderungen an Funktionselemente) und diesen mit dem derzeitigen Zustand zu vergleichen. Erfüllt der derzeitige Zustand diese Anforderungen nicht, liegen signifikante morphologische Belastungen vor.

Das Strahlwirkungskonzept legt dabei nicht einen einzigen hydromorphologischen Zielzustand fest, der für das gesamte Gewässernetz gültig ist. Vielmehr wird das Gewässernetz in drei Typen von sogenannten Funktionselementen unterteilt: Kernlebensräume (KL), Trittsteine (TS) und Verbindungsstrecken (VS). Für jeden dieser drei Funktionselementtypen ist ein spezifischer hydromorphologischer Zielzustand definiert. Basierend auf ihrer gewässerökologischen Funktion unterscheiden sich die drei Funktionselementtypen hinsichtlich der Anforderungen an die Gewässerstruktur:

- Kernlebensräume (KL) sind die Ausgangspunkte einer Wiederbesiedelung und müssen daher gute bis sehr gute hydromorphologische Eigenschaften aufweisen.
- Trittsteine (TS) liegen zwischen zwei Kernlebensräumen und dienen der Aufrechterhaltung der Strahlwirkung. Sie müssen mindestens eine mäßige hydromorphologische Qualität aufweisen.
- Verbindungsstrecken (VS) verbinden Kernlebensräume und Trittsteine miteinander. Im Vergleich zu Kernlebensräumen und Trittsteinen sind die Anforderungen an Verbindungsstrecken am geringsten. Zentrale Anforderung an Verbindungsstrecken ist ihre Durchgängigkeit.

Zusätzlich zu diesen drei Funktionselementtypen sind Restriktionstrecken (RS) definiert. Dies sind Gewässerbereiche wie Stauseen, die die Strahlwirkung unterbrechen und deren hydromorphologische Verbesserung aufgrund der Verhältnismäßigkeit von Verbesserungsmaßnahmen auf absehbare Zeit unwahrscheinlich ist. Somit konnte allen Kartierungsabschnitten Funktionselemente zugeordnet werden.

Das Strahlwirkungskonzept sowie die Strukturgütekartierung sind auf dem Geoportail veröffentlicht.

Als signifikante Belastungen der Durchgängigke**it** gelten Bauwerke im und am Gewässer, die erhebliche Durchgängigkeitshindernisse für aquatische Organismen (insbesondere Fische) oder den Sedimenthaushalt darstellen und daher mit der Klasse 3, 4 oder 5 im Rahmen der Erhebung der hydromorphologischen Qualitätskomponenten erfasst und bewertet wurden. Dabei handelt es sich um Querbauwerke, Durchlässe und Verrohrungen, die für Fische auf- und abwärts nur eingeschränkt oder in eine bzw. beide Richtungen gar nicht passierbar sind. Die Sedimentdurchgängigkeit dieser Bauwerke ist mäßig, stark oder vollständig eingeschränkt und die Morphodynamik am bzw. über den Standort hinaus erheblich gestört.

6.8.2 Umsetzung von Hochwasserschutzmaßnahmen unter Berücksichtigung der WRRL

Wie erwähnt ist eines der Hauptziele der Umsetzung der WRRL die Erreichung des guten ökologischen Zustandes der Oberflächenwasserkörper. Des Weiteren darf der gegebene Zustand der Gewässer nicht verschlechtert werden. Neben dem Zielerreichungsgebot gilt somit auch ein Verschlechterungsverbot. Eine Verschlechterung liegt vor, wenn der Zustand mindestens einer Qualitätskomponente im Sinne des Anhangs V der WRRL um eine Klasse schlechter wird, auch wenn diese Verschlechterung nicht zu einer Verschlechterung der Einstufung des Oberflächenwasserkörpers insgesamt führt. Ist jedoch die betreffende Qualitätskomponente im Sinne von Anhang V der WRRL bereits in der niedrigsten Klasse eingeordnet, stellt jede Verschlechterung dieser Komponente eine Verschlechterung des Zustandes eines Oberflächenwasserkörpers dar.

Da die durch die WRRL festgelegten Umweltziele rechtsverbindlich sind, muss ihnen bei der Umsetzung der HWRM-RL Rechnung getragen werden.

Konkret bedeutet das, dass Hochwasserschutzprojekte auf ihre Verträglichkeit zur WRRL überprüft werden müssen. Hierbei handelt es sich nur um Projekte, die am oder im Gewässer realisiert werden sollen, wie etwa Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes. Als Beispiel werden Hochwasserrückhaltebecken, Hochwasserschutzmauern oder Abflussbypässe genannt. Die Verträglichkeit kann mittels ökologischer Impaktstudien festgestellt werden. Hierbei soll die Auswirkung eines jeden Projektes auf alle Qualitätskomponenten der WRRL hin überprüft werden.

Kann durch die Studie eine negative Auswirkung auf den Zustand des betroffenen Oberflächenwasserkörpers und, falls beeinflusst, angrenzender Oberflächenwasserkörper, ausgeschlossen werden, kann die Planung des Projektes weitergeführt werden. Wird jedoch festgestellt, dass das Projekt nicht verträglich mit den Zielen und Geboten der WRRL ist, kann die Weiterplanung nur unter Inanspruchnahme eines Ausnahmetatbestandes nach WRRL erfolgen.

Konkret wird diese Prozedur durch den Artikel 4 Absatz 7 der WRRL beschrieben. Dieser beschreibt die Umstände, bei deren Vorliegen kein Verstoß gegen die WRRL gegeben ist, obwohl bestimmte Umweltziele nicht erreicht werden. Entsprechend dem Artikel 4 Absatz 7 der WRRL ist es somit möglich, Vorhaben durchzuführen, die zum Nichterreichen bestimmter Umweltziele der WRRL führen können. Grundvoraussetzung dabei ist jedoch, dass alle in Artikel 4 Absatz 7 der WRRL aufgeführten Bedingungen erfüllt werden.

Gemäß Artikel 4 Absatz 7 der WRRL verstoßen die EU-Mitgliedstaaten nicht gegen die WRRL, wenn:

- das Nichterreichen eines guten ökologischen Zustandes bzw. Potenzials oder das Nichtverhindern einer Verschlechterung des Zustandes eines Oberflächenwasserkörpers die Folge von neuen Änderungen der physischen Eigenschaften eines Oberflächenwasserkörpers ist, oder

- das Nichtverhindern einer Verschlechterung von einem sehr guten zu einem guten Zustand eines Oberflächenwasserkörpers die Folge einer neuen nachhaltigen Entwicklungstätigkeit des Menschen ist.

Sofern keine Ausnahme nach Artikel 4 Absatz 7 der WRRL gewährt werden kann, müssen die EU-Mitgliedstaaten die Genehmigung für ein Projekt, das zu einer Verschlechterung des Zustandes bzw. Potenzials eines Wasserkörpers oder zum Nichterreichen des guten Zustandes oder Potenzials führen kann, verweigern. Daraus folgt, dass die Beurteilung, ob eine neue Änderung zu einer Verschlechterung oder Gefährdung des Erreichens

eines guten Zustandes oder Potenzials führt, vorab vorgenommen werden muss, und zwar entsprechend den von der Wasserwirtschaftsverwaltung vorgegebenen projektbezogenen Anforderungen und Vorgaben.

Um eine solche Ausnahme in Anspruch nehmen zu können, muss bewiesen werden, dass:

- das Vorhaben im Sinne des übergeordneten öffentlichen Interesses ist;
- alle praktikablen Maßnahmen getroffen wurden, um die nachteiligen Auswirkungen auf den Wasserkörper zu mindern;
- die zielführendste Variante der Ausführung im Sinne der bestmöglichen Umweltoption, der technischen Machbarkeit und aufgrund unverhältnismäßiger Kosten bei alternativen Varianten vorliegt.

Weiterhin gilt dieser Ausnahmetatbestand nur bei neuen nachhaltigen Entwicklungstätigkeiten des Menschen, dementsprechend müsste Klimaneutralität der Entwicklungstätigkeit mindestens Grundbedingung sein. Nichtsdestotrotz impliziert die letztgenannte Bedingung, nämlich, dass die mit dem Projekt verfolgten Ziele nicht durch andere wesentlich bessere Umweltoptionen erreicht werden können, eine umfassende Pflicht zur Prüfung möglicher Alternativen. Ist eine Alternativlösung als erheblich bessere Umweltoption ersichtlich, so darf dieser Ausnahmetatbestand nicht geltend gemacht werden

Jedoch ist hervorzuheben, dass es bei der Umsetzung von beiden Richtlinien nicht nur zu Konflikten kommen kann; auch können sich Synergien ergeben. Dies wird im folgenden Kapitel erläutert

6.9 FFH-Richtlinie

Bei den Natura 2000-Schutzgebieten handelt es sich um ein europäisches Schutzsystem, das den Erhalt der biologischen Vielfalt zum Ziel hat. Konkret setzt es sich als zusammenhängendes Netz von Gebieten zusammen, in denen Lebensräume und Lebewesen eine besondere Wertschätzung genießen. Basis für die Ausweisung solcher Zonen sind die Fauna-Flora-Habitatrichtlinie (FFH-Richtlinie, 92/43/EWG) und die Vogelschutzrichtlinie (79/409/EWG). Die Anhänge der beiden Richtlinien benennen besonders schützenswerte und durch das kohärente Schutzgebietssystem Natura 2000 zu erhaltende Lebensraumtypen und Arten. Somit weisen diese Zonen einen hohen ökologischen Wert auf, dessen Erhalt rechtlich geschützt ist. Die Tabellen 32 und 33 geben einen Überblick über alle Natura 2000-Gebiete, die sich mit den Überschwemmungsgebieten der Hochwasserrisikogewässer überlagern.

Ähnlich wie bei der WRRL können sich zwischen den Richtlinien des Habitat- und Vogelschutzes und der HWRM-RL Synergien aber auch Konflikte ergeben, speziell bei der Umsetzung von Maßnahmen im Sinne des Hochwasserschutzes.

Auch hier gilt es, Maßnahmen so zu planen und umzusetzen, dass die Ziele der jeweils anderen Richtlinie nicht gefährdet sind. Dies gilt hauptsächlich für Projekte, die am oder im Gewässer realisiert werden sollen, wie etwa Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes. Als Beispiel werden Hochwasserrückhaltebecken, Hochwasserschutzdeiche genannt. Ein Gefährdungspotenzial besteht hierbei beispielsweise darin, dass Überschwemmungsflächen von Habitaten, welche darauf auf regelmäßige Überflutung angewiesen sind, abgeschnitten werden. Projekte, bei denen die Gefahr besteht, dass es zu einer Beeinträchtigung dieser Natura 2000-Gebiete kommen kann, müssen vorab einer sogenannten FFH-Verträglichkeitsprüfung unterzogen werden. Details hierzu findet man im entsprechenden Leitfaden des Umweltministeriums (2016).

Synergieeffekte können bei Maßnahmen erzielt werden, die der Gewässerretention dienen, wie etwa bei der Sicherung von Überschwemmungsgebieten oder der Erhöhung des Potenzials zur Retention in der Fläche.

Im Allgemeinen lässt sich noch feststellen, wie bereits erwähnt, dass Überschwemmungen in diesen Zonen nützlich und notwendig sind. Jedoch besteht bei Hochwasser auch immer die Gefahr, dass umweltschädliche Stoffe mobilisiert werden, ins Wasser der Hochwasserwelle gelangen und so stromabwärts getragen werden. Erreichen diese Stoffe Natura 2000-Gebiete, können sie die vorhandenen Habitate beschädigen. Daher ist es im Sinne aller 3 Richtlinien, die Ausbreitung solcher Stoffe bei Hochwasser zu verhindern.

Tabelle 33: Natura 2000 Habitatschutzgebiete an Hochwasserrisikogewässern

Name	Bezeichnung	Gewässer
Vallée de l'Our de Ouren a Wallendorf Pont	LU0001002	Our
Vallée de la Tretterbaach	LU0001003	Clerve
Vallée supérieure de la Wiltz	LU0001005	Wiltz
Vallées de la Sûre, de la Wiltz, de la Clerve et du Lellgerbaach	LU0001006	Alzette, Sauer, Clerve, Wiltz
Vallée supérieure de la Sûre / Lac du barrage	LU0001007	Sauer
Vallée de la Sûre moyenne de Esch/Sûre à Dirbach	LU0001008	Sauer
Grosbous - Neibruch	LU0001010	Wark
Vallée de l'Ernz noire / Beaufort / Berdorf	LU0001011	Sauer, Schwarze Ernz
Vallée de l'Attert de la frontière à Useldange	LU0001013	Attert, Pall
Zones humides de Bissen et Fensterdall	LU0001014	Attert
Vallée de l'Ernz blanche	LU0001015	Weiße Ernz
Vallée de la Sûre inférieure	LU0001017	Sauer
Vallée de la Mamer et de l'Eisch	LU0001018	Alzette, Eisch, Mamer
Pelouses calcaires de la région de Junglinster	LU0001020	Weiße Ernz, Schwarze Ernz
Vallée de la Syre de Manternach à Fielsmillen	LU0001021	Syre
Grunewald	LU0001022	Weiße Ernz
Région de la Moselle supérieure	LU0001029	Mosel
Troisvierges - Cornelysmillen	LU0001038	Clerve
Cruchten - Bras mort de l'Alzette	LU0001044	Alzette
Wark - Niederfeulen-Warken	LU0001051	Wark
Grass - Moukebrill	LU0001070	Eisch

Die Natura 2000-Schutzgebiete werden ebenfalls in den HWRK berücksichtigt und angezeigt. Markiert werden sie anhand einer grünen Umrandung, wie Abbildung 72 zeigt.

Abbildung 76: HWRK mit Angabe einer Natura-2000 Schutzzone (grüne Linie)

Tabelle 34: Natura 2000 Vogelschutzgebiete an Hochwasserrisikogewässern

Name	Bezeichnung	Gewässer
Vallée de la Woltz et affluents de la source à Troisvierges	LU0002001	Clerve
Vallée de la Tretterbaach et affluents de la frontière à Asselborn	LU0002002	Clerve
Vallée supérieure de l'Our et affluents de Lieler à Dasbourg	LU0002003	Our
Vallée supérieure de la Sûre et affluents de la frontière belge à Esch-sur-Sûre	LU0002004	Sauer
Vallée de l'Ernz Blanche de Bourglinster à Fischbach	LU0002005	Weiße Ernz
Vallée de la Syre de Moutfort à Roodt/Syre	LU0002006	Syre
Vallée supérieure de l'Alzette	LU0002007	Alzette
Haff Réimech	LU0002012	Mosel
Région Kiischpelt	LU0002013	Sauer, Clerve, Wiltz
Vallées de l'Attert, de la Pall, de la Schwébech, de l'Aeschbech et de la Wëllerbach	LU0002014	Attert, Pall
Région de Junglinster	LU0002015	Schwarze Ernz
Région de Mompach Manternach, Bech et Osweiler	LU0002016	Syre
Région du Lias moyen	LU0002017	Eisch, Mamer
Région de Schuttrange, Canach, Lenningen et Gostingen	LU0002018	Syre

6.10Klimaanpassungsstrategie

Um den negativen Folgen des Klimawandels vorzubeugen hat das Großherzogtum Luxemburg 2018 die „Strategie und Aktionsplan für die Anpassung an den Klimawandel in Luxemburg 2018-2023“ (MECDD, 2018) ausgearbeitet und veröffentlicht.

Im Rahmen der Klimaanpassungsstrategie wurde die Veränderungen von Temperatur, Niederschlag und Extremereignissen untersucht und die dadurch zu erwartenden Auswirkungen auf das Großherzogtum dargestellt, untergliedert nach Bio-, Pedo- und Hydrosphäre. Für die 13 wichtigsten Sektoren des Großherzogtums werden zu erwartende Klimafolgen identifiziert, die aufgrund der mit ihnen einhergehenden Risiken in den nächsten Jahrzehnten eine Rolle spielen können. Bei den 13 Sektoren handelt es sich um Bauen und Wohnen, Energie, Forstwirtschaft, Infrastruktur, Krisen- und Katastrophenmanagement, Landesplanung, Landwirtschaft inkl. pflanzlicher und tierischer Gesundheit, Menschliche Gesundheit, Ökosysteme und Biodiversität, Tourismus, Urbane Räume, Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft sowie Wirtschaft allgemein.

Anschließend wurden für jeden dieser Bereiche Maßnahmen abgeleitet. Zum Schluss wurde versucht, die Klimaanpassungsstrategie mit anderen Strategien wie der des HWRM-Plans zu verknüpfen. So wurde versucht, Synergien zu schaffen und Maßnahmen zu finden, welche beiden Zielen dienlich sind. In Tabelle 34 werden die Maßnahmen aufgezeigt, die in der Anpassungsstrategie herausgearbeitet wurden..

Tabelle 35: Klimaanpassungsstrategie: Bezug zum HWRM-Plan

Sektor	Maßnahme
Bauen und Wohnen	Anpassen der Baunormen an extremere klimatische Bedingungen und projizierte Veränderungen Ausarbeitung einer Anleitung „Klimasicheres Bauen“
Energie	Überprüfung und Anpassung der vorhandenen Energieinfrastrukturen in Bezug auf die Vulnerabilität gegenüber Extremereignissen

Infrastruktur	Identifizierung von kritischen Infrastrukturen und Initiierung von Maßnahmen zur Reduktion der Vulnerabilität Integration von Klimawandel in die Konzeption neuer Infrastrukturen
Krisen- und Katastrophenmanagement	Anpassen der Blaulichtorganisationen und Einsatzleitungen an sich verändernde klimatischen Verhältnisse Kontinuierliches Monitoring von Naturgefahrenprozessen und Ereignissen sowie Weiterentwicklung und Verbesserung der Methoden und Technologien zur Erkennung neuer Naturgefahrenprozesse Integration von Klimawandel in die Konzeption von Regen-, Abwasser- und Trinkwassersysteme Initiierung von robusten und anpassbaren Schutzmaßnahmen
Landesplanung	Intensivierung von Forschungsaktivitäten im Hinblick auf die Vorhersage von Extremwetterereignissen sowie Identifizierung der Implikationen für die verschiedenen Bereiche der Landwirtschaft
Urbane Räume	Überprüfung der städtischen Infrastruktur im Hinblick auf die Zunahme von Extremwetterereignissen sowie die Ausarbeitung von Konzepten zur baulichen Anpassung
Wasserhaushalt und Wasserwirtschaft	Berücksichtigung von Starkregenereignissen im zweiten Hochwasserrisikomanagementplan Beschattungsmaßnahmen durch Uferrandstreifen

6.11 Einfluss des Klimawandels auf das Hochwasserrisiko

Der Klimawandel beeinflusst die Hydrosphäre durch erhöhte Temperaturen, geänderte Niederschlagsverteilung, verlängerte Vegetationsperioden und Zunahme von extremem Wettersituationen und führt somit zu deutlichen Veränderungen des Wasserhaushalts.

Die bisherigen Untersuchungen des Langzeitverhaltens von meteorologischen und hydrologischen Zeitreihen im Mosel-Rhein Einzugsgebiet belegen, dass die Trends von Kenngrößen des Niederschlags und des Abflusses in einzelnen Einzugsgebieten (im Gegensatz zur eindeutigen Zunahme der Lufttemperatur) sehr unterschiedlich sein können.

In Luxemburg werden saisonale und jährliche Klimaberichte sowie agrarmeteorologische saisonale Klimaberichte erstellt. Der klimatologische Jahresbericht fasst beispielsweise, in Form von Tabellen und Grafiken, die Gesamtheit der Daten zusammen, die in diesem Jahr an der Wetterstation Luxemburg/Flughafen Findel gemessen wurden. Die jährlichen Klimaberichte liefern Informationen zum Klimaverlauf eines Jahres in Luxemburg, wie Schwankungen der Lufttemperaturen, Schwankungen der Niederschläge, Abweichungen gegenüber der internationalen Referenzperiode (1961-1990) oder besonderen Wetterereignissen. In den saisonalen Klimaberichten finden sich Analysen zum Witterungs- und Klimaverlauf, insbesondere zu den saisonalen Schwankungen und Extremen von Lufttemperatur, Niederschlag und Sonnenscheindauer. In Zusammenarbeit aller staatlichen und nichtstaatlichen Einrichtungen mit hydrometeorologischen Messstationen, wird zudem jährlich der hydro-klimatologische Atlas von Luxemburg herausgegeben.

Die Auswirkungen des globalen klimatischen Wandels sind auch in Luxemburg mess- und spürbar. Bei den jährlichen Niederschlagssummen wurde im Zeitraum 1981-2010 eine leichte Zunahme von 875 mm auf 897 mm im Vergleich zum Referenzzeitraum von 1961 bis 1990 gemessen (Abbildung 74). Zukünftig ist laut Klimaprojektionen mit einer Abnahme der Niederschläge in den Sommermonaten, sowie einer Zunahme der Winterniederschläge zu rechnen. In Verbindung mit höheren Lufttemperaturen in den Wintermonaten, verringert die Wahrscheinlichkeit von Schneefällen, wodurch Schnee als puffernder Speicher nicht mehr zur Verfügung stehen wird, und erhöht gleichzeitig die Hochwassergefährdung.

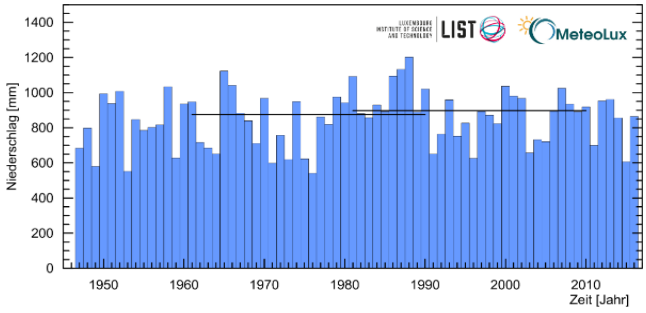


Abbildung 77: Niederschlag in Luxemburg : 1961 – 1990 : 875 mm / 1981 – 2010 : 897 mm

In den letzten Jahren konnten aufgrund von Trockenperioden insbesondere in den Jahren 2003 und 2011, sowie im Jahr 2018, ausgeprägte Niedrigwasserereignisse beobachtet werden. Diese Ereignisse sind in Folge eines signifikanten Niederschlagsdefizits im Vergleich zum statistischen Mittel und in Abhängigkeit von den saisonalen Vorbedingungen eingetreten. Eine Analyse der Abflüsse bei Niedrigwasser erfordert die Auswertung langjähriger Zeitreihen, für hydro-klimatologische Untersuchungen bedarf es eines Zeitraums von mindestens 30 Jahren. In Luxemburg stehen allerdings erst ab 2002 validierte Wasserstands- und Abflussdaten zur Verfügung. Die Analyse dieser validierten Daten zeigt eine negative Tendenz bei den Niedrigwasserabflüssen. Aufgrund der projizierten Niederschlagsveränderungen ist im hydrologischen Sommerhalbjahr somit eine Abnahme der Niedrigwasserabflüsse zu erwarten, sodass weniger Wasser in den Gewässern vorhanden sein wird. Es ist daher davon auszugehen, dass es zu ausgeprägteren Niedrigwasserständen und Trockenperioden kommen wird.

Bezüglich extremer Wetterereignisse liegen für Luxemburg primär Untersuchungen zu Niederschlag und Lufttemperatur vor. Vergleicht man bezüglich der Niederschläge die Mittelwerte der Referenzperiode 1961 bis 1990 mit denen der Periode 1981 bis 2010, so ist nur eine geringfügige Zunahme der mittleren Ereignisanzahl von 7,8 auf 8,3 zu verzeichnen; dieser Unterschied ist statistisch nicht signifikant. Abbildung 74 stellt die Ergebnisse für den meteorologischen Sommer (Juni bis August), sowie für den Winter (Dezember bis Februar) dar. Sowohl für die Sommer- als auch die Wintermonate ist eine Zunahme der mittleren Anzahl der Tage mit Starkniederschlägen zwischen den zwei Referenzperioden zu beobachten. Der Anstieg fällt in den Wintermonaten etwas höher als in den Sommermonaten aus. Obwohl die Zunahme für beide Jahreszeiten deutlicher als für die Jahreswerte ist, sind auch diese Trends für die Station Findel statistisch noch nicht signifikant. Als Starkniederschlag wurde der Tagesniederschlag definiert, der einen bestimmten Schwellenwert überschreitet. Dieser Schwellenwert wurde aus der Referenzperiode 1981 bis 2010 abgeleitet. Für den Sommer liegt er bei 21,8 mm (P95 Sommer) und den Winter bei 16,1 mm (P95 Winter). Laut Klimaprojektionen rechnet man damit, dass sowohl die Anzahl als auch die Intensität von Starkniederschlägen zunehmen wird.

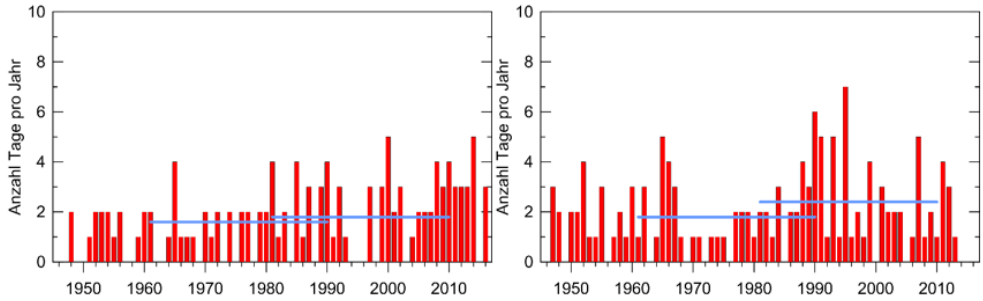


Abbildung 78: Anzahl der Tage pro Jahr mit Starkniederschlägen für die Station Findel für die meteorologischen Jahreszeiten Sommer (links) und Winter (rechts) im Zeitraum 1947 bis 2016

Im Rahmen des Interreg III-B-Projekts TIMIS flood (Transnational Internet Map Information System on Flooding, 2004-2008) wurde unter anderem auch das Wasserhaushalts- und Hochwasservorhersagemodell LARSIM (Large Area Runoff Simulation Model) für das gesamte Mosel- und Saareinzugsgebiet aufgestellt. Gespeist mit aktuellen hydrologischen und meteorologischen Mess- und Vorhersagedaten sowie Informationen zur Geländebeschaffenheit berechnet LARSIM den Abfluss im Einzugsgebiet von Mosel und Saar und stellt damit die Daten für die Hochwasservorhersagen der Vorhersagezentralen seither in den Anrainerstaaten zur Verfügung.

Um auch auf Veränderungen hinsichtlich zukünftiger Hoch- und Niedrigwasserereignisse vorbereitet zu sein, müssen heute schon die voraussichtlichen klimatischen Veränderungen und ihre Auswirkungen auf den

Wasserhaushalt beachtet werden. Aus diesem Grunde wurde Anfang 2009 das grenzübergreifende Interreg IV-A-Projekt Hoch- und Niedrigwassermanagement im Mosel- und Saareinzugsgebiet - FLOW MS (FLood = Hochwasser, LOW water = Niedrigwasser, Mosel und Saar) ins Leben gerufen, das von den Internationalen Kommissionen zum Schutze der Mosel und der Saar (IKSMS) koordiniert wurde. Ziel der Aktion 4 dieses Projekts war es, mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt im Mosel- und Saareinzugsgebiet für die nahe Zukunft (2021-2050) zu ermitteln und daraus Handlungsempfehlungen abzuleiten.

Die langfristige Abflusscharakteristik im Moselgebiet lässt sich im hier gegebenen Rahmen für das weitverzweigte Gewässernetz schwerlich im Detail darstellen. Allerdings spiegelt sich die Gesamtentwicklung des Wasserhaushalts des Einzugsgebietes in dem Abflussregime des Hauptvorfluters, der Mosel, wider. Und hier wiederum integriert das Abflussgeschehen der Untermosel (Bezugspegel Cochem) die Einflüsse aus den oberhalb gelegenen, weitverzweigten Gewässernetzen von Ober- und Mittelmosel, Sauer und Saar. Den hydrologischen Hintergrund bilden dabei die natürlichen, ganz überwiegend pluvial geprägten Rahmenbedingungen des Wasserhaushalts im Einzugsgebiet, deren Kennzeichen abflussstarke Winter- und abflussschwache Sommerhalbjahre sind.

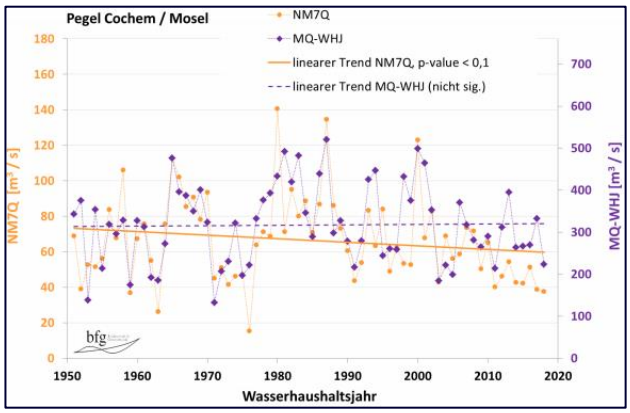


Abbildung 79: Abflussentwicklung am Moselpegel Cochem: Signifikant fallender Trend der jährlichen Niedrigwasserabflüsse / NM7Q, gleichzeitig nicht signifikanter Anstieg der Abfluss-Jahresmittel / MQ; Zeitraum 1943 bis 2019 (Daten: WSV)

Allerdings werden die Auswirkungen regional unterschiedlich verteilt sein, so dass eine flussgebietsbezogene, in großen Einzugsgebieten gegebenenfalls auch eine Betrachtung von Teilgebieten entsprechend den länderspezifischen Gegebenheiten, notwendig wird. Angesichts der bestehenden Unsicherheiten der Klimamodelle, die sich in teilweise noch erheblichen systematischen Abweichungen bei Modellrechnungen für eine bekannte Referenzperiode, insbesondere beim Niederschlag, manifestieren (Plausibilität, statistische Unsicherheiten), können Aussagen für die mögliche Entwicklung von Extremwerten bislang nur mit erheblichen Bandbreiten getroffen werden. Die Unsicherheiten werden umso größer, je kleiner die betrachtete Region ist und je seltener das jeweils betrachtete Extremereignis auftritt.

Im Rahmen des INTERREG-Projektes FLOW MS wurden in den Jahren 2009 bis 2013 auf der Grundlage von drei Läufen (run 1 bis run 3) des dynamischen regionalen Klimamodells COSMO-CLM4.8 Wasserhaushaltsmodellierungen mit dem Modell LARSIM durchgeführt. Sie kommen u. a. zu folgendem Ergebnis: „Die Niedrigwasser-Extremwerte zeigen in den drei Runs keine übereinstimmenden Tendenzen. In run1 treten im Mittel geringe Abnahmen auf. In run2 kommt es zu geringen Zunahmen. In run3 bleiben die Mittelwerte in etwa konstant.“ Auch kleinere Hochwasser nehmen demnach zu, was mit den zukünftig höheren Winterniederschlägen einhergeht. Hier zeigen die drei Läufe zwar unterschiedlich stark ausgeprägte, aber doch zumindest einheitlich Zunahmen der Hochwasserabflüsse. Dies gilt für die meisten der untersuchten Pegel im Moselgebiet. Die Extremwerte deuten auf lokal sehr unterschiedliche Entwicklungen der mittleren und selteneren Hochwasser hin. Die Abnahmen der Niedrigwasserabflüsse sind weniger eindeutig als die Zunahmen der Hochwasserabflüsse. Insgesamt sind die Ergebnisse immer unter Berücksichtigung der Unsicherheiten in der Modellkette vom globalen Klimamodell über das regionale Klimamodell zum Wasserhaushaltsmodell zu betrachten. Insbesondere Aussagen zu den Extremwerten des Niedrig- und Hochwassers sind mit hohen Unsicherheiten behaftet. Daher lassen sich aus den Ergebnissen Tendenzen ableiten, aber keine absoluten Zahlenwerte. Die Autoren der aktualisierten Niedrigwasserbestandsaufnahme aus dem Jahr 2019 kommen daher zu dem Ergebnis: „Es erscheint daher geboten, die im Rahmen des Projekts FLOW MS durchgeführten Studien durch die von den Staaten/Ländern/Regionen des Mosel-Saar-Einzugsgebiets durchgeführten Studien zu

vervollständigen, damit diese Unsicherheiten verringert werden können bzw. damit gemeinsame Szenarien für die Entwicklung an den grenzüberschreitenden Wasserkörpern erstellt werden können.

Als Fazit wird für Luxemburg angenommen, dass in Zukunft die jährliche Niederschlagsmenge konstant bleibt, jedoch mehr Niederschlag im Winter und weniger im Sommer zu erwarten ist, wobei die Intensität der Niederschläge im Sommer erhöht ist.

6.12Starkregen

Gemäß den Vorgaben des Artikels 14 Absatz 4 der HWRM-RL soll in der Überprüfung der HWRM-Pläne den voraussichtlichen Folgen des Klimawandels auf das Auftreten von Hochwasser Rechnung getragen werden.

Wie bereits in Kapitel 6.10 beschrieben, sind die Folgen des Klimawandels auf das Auftreten von Hochwasser für Luxemburg, durch seine geringe Größe mit viel Unsicherheiten behaftet und lassen sich schwierig konkret festlegen. Sicher jedoch scheint zu sein, dass es in den nächsten Jahren mehr Niederschlag im Winter geben und weniger im Sommer, die Sommerniederschläge jedoch sehr kurz und sehr heftig (höhere Niederschlagsintensität) ausfallen werden.

Hiervon ausgehend hat die AGE die Berücksichtigung der Starkregenthematik im zweiten Zyklus der Umsetzung der HWRM-RL als Einzelmaßnahme in den HWRM-Plan aufgenommen.

Seit Mai 2016 gab es in Luxemburg mehrere Starkregenereignisse, die teilweise verheerende Schäden angerichtet haben. Die Folgen von Starkregen können vielseitig sein und im Fall der luxemburgischen Gegebenheiten ebenfalls in Flusshochwasser enden. So wurde im Juli 2016 ein Hochwasser an der Weißen Ernz durch das Starkregenereignis des 22. Juli hervorgerufen, und das Hochwasser am 1. Juni 2018 an der Schwarzen Ernz war ebenfalls Folge eines Starkregenereignisses. Die Lage Luxemburgs direkt an der Wasserscheide Rhein/Maas hat zur Folge, dass das Land in viele kleine Einzugsgebiete aufgeteilt ist. Dieses feinmaschige hydrologische Netz reagiert sehr schnell auf den fallenden Niederschlag, und somit haben Starkregenereignisse, neben den typischen negativen Folgen von lokalen und sehr intensiven Niederschlägen (Erdrutschungen, Schlammlawinen, volllaufende Senken, Aus- und Unterspülen von

Infrastrukturen, zu reißenden Gewässern werdende Rinnsale, Überlastung von Entwässerungsanlagen und Kanalsystemen), ebenfalls eine Hochwasserkomponente.

Abbildung 80: Eindrücke der Folgen verschiedener Starkregenereignisse in Luxemburg (AGE)

Aufgrund der doch bemerkenswerten Zunahme von Starkregenereignissen hat die AGE im Herbst 2018 begonnen, eine eigene Starkregenstrategie aufzustellen. Es wurde eigens eine Stelle bei der Veraltung eingerichtet, die sich vorrangig diesem Thema widmet.

Die Starkregenstrategie ist in dem gleichnamigen Bericht im Anhang genauestens beschrieben und somit Teil des 2. HWRM-Plans von Luxemburg. Teilweise überschneiden sich die Bereiche Hochwasserschutz und Schutz vor Starkregen durch die hydrologischen Gegebenheiten Luxemburgs, sodass einige Maßnahmen beiden dienen.

7 Ziele des HWRMs und Maßnahmen

Zentraler Bestandteil des Hochwasserrisikomanagementplans ist es angemessene Ziele zu definieren und darauf aufbauend einen Maßnahmenkatalog zu erstellen, um diese zu erreichen. Hier werden ausgehend von der Hochwasserrisikoanalyse und der vorherigen Bestimmung konkreter Ziele, Maßnahmen entwickelt, welche die nachteiligen Folgen für Mensch, Wirtschaft, Umwelt und Kultur bei Hochwasser reduzieren beziehungsweise verhindern sollen. Es werden nicht nur gewässerbauliche Maßnahmen, sondern auch Vorsorge- und Informationsmaßnahmen definiert. Auch werden Maßnahmen im Hinblick auf die verschiedenen Phasen eines Hochwasserereignisses benannt. Die Erstellung des Maßnahmenkataloges sowie die Maßnahmen selbst werden in den folgenden Kapiteln erläutert. Die Bewertung des Hochwasserrisikos wurde in Kapitel 5 beschrieben.

7.1 Benennung der Ziele des HWRM

Eine entscheidende Forderung der HWRM-RL ist es, dass für ausgewiesenen Hochwasserrisikozonen angemessene Ziele für das Hochwasserrisikomanagement festgelegt werden. Hierbei soll der Schwerpunkt auf der Vermeidung und Verringerung potenzieller hochwasserbedingter nachteiliger Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten liegen.

Aus dieser Forderung ergeben sich die Hauptziele des Hochwasserrisikomanagements in Luxemburg:

- Vermeidung neuer Risiken im Hochwasserrisikogebiet
- Reduktion bestehender Risiken im Hochwasserrisikogebiet

Die Richtlinie gibt an, dass immer alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements berücksichtigt werden sollen. Hierbei handelt es sich hier um die Bereiche:

Vermeidung | Schutz | Vorsorge

Jedoch beinhaltet das Hochwasserrisikomanagement mehr als diese 3 Aspekte. Betrachtet man ein Hochwasserereignis, so erkennt man, dass es verschiedene Phasen gibt bei denen man eingreifen kann. Konkret sind es hier die Phasen vor einem Ereignis, während einem Ereignis und nach einem Ereignis. Diese Ansätze kann man kombinieren wodurch ein umfassendes Bild des Hochwasserrisikomanagements entsteht , wie Abbildung 77 zeigt.

Dies nennt sich dann „Hochwasserzyklus“, welcher von der Länder Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA) entwickelt wurde. Im Idealfall stellt dieser Zyklus aber keinen Kreis, sondern eine Spirale dar, bei welcher das Hochwasserrisikomanagement stetig verbessert wird und die potenziellen Risiken verringert. Dies entspricht auch dem Gedanken der HWRM-RL.

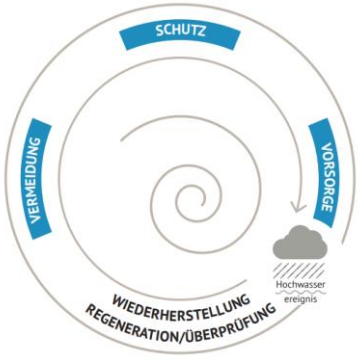


Abbildung 81: Hochwasserzyklus (LAWA)

Dieses Konzept hilft nicht nur dabei die Hauptziele des HWRM zu konkretisieren, sondern ermöglicht es in der Folge geeignete Maßnahmen zum Erreichen der Ziele abzuleiten.

Ziel Nr. 1: Vermeidung neuer Risiken

Das erste Ziel des Hochwasserrisikomanagements, oder sozusagen das Minimalziel, muss es sein das Schadenspotenzial im Hochwasserfall nicht zu erhöhen. Dies gelingt mit Maßnahmenarten, welche sich dem Aspekt „Vermeidung“ zuordnen lassen und vor einem Ereignis ergriffen werden.

Aus dem Aspekt der Vermeidung können 2 Maßnahmenarten abgeleitet werden:

- Flächenvorsorge
- Bauvorsorge

Bei der Flächenvorsorge geht es darum, freie Flächen innerhalb der Überschwemmungsgebiete weitestgehend von Bebauung frei zu halten (DWA, 2016). Hiermit kann erreicht werden, dass keine neuen Gebäude errichtet werden, die im Hochwasserfall betroffen sein können und das Schadenspotenzial erhöhen würden. Ein weiterer positiver Punkt ist, dass so wertvolle Retentionsflächen, die das Wasser bei Hochwasser zurückhalten, erhalten bleiben. Beim Zerstören dieser Retentionszonen kann sich die Hochwasserwelle beschleunigen, was zu einer vermehrten Überschwemmung unterhalb führen kann. So kann der Erhalt solcher Retentionsgebiete auch unter „Vermeidung“ eingeordnet werden. In der Flächenvorsorge liegt das größte planerische Potenzial zur Schadensminderung, welches gleichzeitig auch das nachhaltigste Instrument des Hochwasserrisikomanagements darstellt.

Die Bauvorsorge umfasst das hochwasserangepasste Planen und Bauen innerhalb von Überschwemmungszonen (DWA, 2016). Dieses kommt zum Tragen, wenn entgegen den Prinzipien der Flächenvorsorge innerhalb dieser Zonen Gebäude errichtet werden. Es geht hierbei darum, ein Gebäude so zu planen und bauen, dass sich im Hochwasserfall nur geringe Schäden ergeben und/oder die Nutzung eines Gebäudes unter geringem Aufwand wiederherstellen lässt. Die Prinzipien und Prozeduren der hochwasserangepassten Planung sind in dem 2018 veröffentlichten Leitfaden „Bauen in Überschwemmungsgebieten“ näher beschrieben.

Bauvorsorge bezieht sich oft auf lokal abgegrenzte Flächen, wohingegen die Flächenvorsorge sich eher auf größere Flächen bezieht. Im Zwischenfeld dieser beiden steht die Planung sensibler Gebäude, Industrieeinrichtungen und Gebäude mit kultureller Nutzung. Bei diesen soll bei der Standortfindung darauf geachtet werden, dass sie sich außerhalb von Überschwemmungsgebieten befinden.

Somit dient die Maßnahmenart „Vermeidung“ gleichzeitig der menschlichen Gesundheit, der Umwelt, dem Kulturerbe und den wirtschaftlichen Tätigkeiten.

Ziel Nr. 2: Reduktion bestehender Risiken durch Schutz

Neben dem Ziel, das Schadenspotenzial nicht zu erhöhen, sollen zusätzlich Bemühungen unternommen werden eben dieses zu verringern. Dies kann in den Phasen vor und während eines Ereignisses geschehen. Das Ziel Nr. 2 steht dabei vor dem Ereignis. Hier werden Maßnahmenarten definiert, welche zum Aspekt „Schutz“ gehören.

- Wasserrückhalt erhöhen
- Technischer Hochwasserschutz

Bei der Maßnahmenart „Wasserrückhalt erhöhen“ geht es darum, die Retention beziehungsweise die Verlangsamung der Hochwasserwelle zu fördern (Patt, 2013). Dadurch kann die Hochwasserwelle verlangsamt und insgesamt abgesenkt werden. Dies gibt in den betroffenen Siedlungsbereichen im gegebenen Fall mehr Zeit, zum Beispiel um Keller leerzuräumen. Das Absenken der Hochwasserwelle hingegen bewirkt auch niedrigere Wasserstände und reduziert so die Schäden. Konkret wird diese Maßnahme durch Renaturierung von Fließgewässern und/oder die Reaktivierung historischer Überschwemmungsgebiete umgesetzt. Auch die Wiederanbindung von Auewäldern kann den Wasserrückhalt fördern.

Unter Maßnahmen des technischen Hochwasserschutzes werden strukturelle Maßnahmen am oder entlang des Gewässers verstanden. Hierzu zählen Hochwasserschutzmauern (mit oder ohne mobile Elemente), Deiche, Dämme, Hochwasserrückhaltebecken oder Flutpolder (Patt, 2013), aber auch Maßnahmen zum Objektschutz.

Letztere dienen der Eigenvorsorge und ermöglichen es Privatpersonen, ihrer Verantwortung zum Selbstschutz gerecht zu werden. Technischer Hochwasserschutz hat das Ziel, Wasser von bestimmten Orten fernzuhalten, sei es als Barriere (Linienschutz und Objektschutz) zum Wasser hin oder durch Verminderung des Hochwasserabflusses auf ein schadfreies Minimum. Aber auch Bypasssysteme oder die Erhöhung von Brückenquerschnitten können hinzugezählt werden. In diesem Fall wird beispielsweise innerhalb einer Siedlung gezielt versucht, den Abfluss zu erhöhen, um das Wasser schneller abzuleiten, was zumindest für die Oberlieger mir einer Absenkung der Wasserspiegel einhergeht.

Bei neuen Projekten ist es vorab nicht vorsehbar, welche Maßnahmen letztendlich umgesetzt werden. Daher wird hier die Maßnahmenart „HWRM-Konzept“ eingeführt. Diese ist separat in Kapitel 7.6.1 beschrieben.

Ziel Nr.3: Reduktion bestehender Risiken durch Vorsorge

Kurz vordem Hochwasserereignis, beziehungsweise während können durch Konzepte der „Vorsorge“ Hochwasserschäden vermieden oder zum Teil reduziert werden. Selbstverständlich müssen diese Konzepte außerhalb von Hochwasserereignissen erstellt und umgesetzt werden. Es handelt sich um nicht-strukturelle Maßnahmen:

- Informationsvorsorge
- Notfallplanung
- Verhalten

Eines der wichtigsten Instrumente bei der Verhinderung oder Vermeidung von Hochwasserschäden sind Hochwasservorhersagen. Hier soll die Bevölkerung über ein entstehendes Hochwasser rechtzeitig informiert werden. Entscheidend ist hierbei neben der Qualität der Vorhersage, also dem zu erwartenden maximalen Wasserstand auch, dass die Warnung diejenigen erreicht, die selbst oder deren Sachwerte gefährdet sind.

Auch die Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten zählen zur Informationsvorsorge, da sie Auskunft über gefährdetet Bereiche geben.

Die Maßnahmenart Notfallplanung beinhaltet die Notfall- und Einsatzpläne der örtlichen Feuerwehr beziehungsweise der Gemeinde. Hier sollen im Vorfeld alle Schritte aufgeführt werden, die bei einem Hochwasserereignis zu unternehmen sind. Das kann der Aufbau von mobilen Hochwasserschutzelementen sein, das Verschließen einzelner Kanalabschnitte oder das Absperren von Straßen und Wegen – immer im Zusammenhang mit einem Hochwasserstand. Aber auch das Erstellen interner und externer Informationsketten ist ein wichtiger Baustein.

Das Verhalten bezieht sich zum Schluss auf alle Gebäudebesitzer oder Verwalter innerhalb von Überschwemmungsgebieten. Das richtige Verhalten im Hochwasserfall kann Leben retten und Sachschäden vermeiden. Da richtiges Verhalten hier oft schwierig ist und neu zugezogene Personen auch keine entsprechenden Erfahrungswerte besitzen, sind Informationskampagnen oder Broschüren ein gutes Mittel zur Aufklärung.

Ziel Nr. 4: Wiederherstellung und Überprüfung nach Hochwasserereignissen

Auch bei Umsetzen aller möglichen Hochwasserschutzmaßnahmen können Hochwasserschäden nicht ausgeschlossen werden, da es keinen absoluten Schutz vor Hochwasser gibt. Schutzmaßnahmen greifen immer nur bis zu einem bestimmten Abfluss, und bei einem realen Ereignis kann immer ein höherer Abfluss erreicht werden, da solche Maßnahmen Extremereignisse in der Regel nicht abdecken. Auch kann es sein, dass mobile Schutzinfrastruktur zu spät aufgebaut wird oder die Keller nicht leergeräumt sind. Auch können beispielsweise Verklausungen an Brücken dafür sorgen, dass sich ein Hochwasserereignis ganz anders entwickelt als in den Hochwassergefahrenkarten dargestellt. Daher werden die Aspekte des HWRM um den Aspekt der Wiederherstellung ergänzt.

Die Wiederherstellung wird jedoch nicht als Ziel ausgewiesen, da es sich bei den Maßnahmen hauptsächlich um Aufräumarbeiten und das Leerpumpen von Kellern handelt. Dies sind Maßnahmen, die absolut notwendig sind, jedoch die nachteiligen Folgen weder vermeiden noch verringern.

Die Überprüfung nach Hochwasserereignissen geschieht durch Hochwassermonitoring, das oben bereits thematisiert wurde. Ziel ist es hier, die Ereignisse möglichst genau zu dokumentieren, die Wirksamkeit einzelner Maßnahmen zu prüfen, daraus Schlüsse zu ziehen und gegebenenfalls Anpassungen am HWRM vorzunehmen.

Um den finanziellen Schaden zu begrenzen, empfiehlt es sich, eine Versicherung gegen Naturkatastrophen abzuschließen. Die Möglichkeit, sich gegen Hochwasserschäden zu versichern, gibt es in Luxemburg seit 2017.

7.2 Überarbeitung des Maßnahmenkatalogs

Die Überarbeitung des Maßnahmenkatalogs geschieht in mehreren Schritten. Zuerst wird der aktuelle Katalog des ersten HWRM-Plans hinsichtlich seines Umsetzungsstandes überprüft. Anschließend wird untersucht, welche Maßnahmen in den neuen Katalog übernommen werden sollen. Hierbei können noch nicht umgesetzte Maßnahmen gelöscht oder angepasst werden. In einem weiteren Schritt werden auf Basis der Ziele des HWRM und der Risikoauswertung neue Maßnahmen definiert, um den Katalog zu ergänzen und Lücken im Hochwasserrisikomanagement zu schließen. In einer letzten Phase wird die Brücke zu anderen Maßnahmenprogrammen geschlagen, um Synergiemaßnahmen zu finden und in den Katalog zu integrieren.

Insgesamt wurde versucht, den Maßnahmenkatalog schlanker zu gestalten, um gezielter Projekte umzusetzen, die dem Hochwasserrisikomanagement innerhalb der Risikogebiete gerecht werden.

7.2.1 Überprüfung des Maßnahmenkatalogs aus dem ersten HWRM-Plan

Alle im ersten Katalog aufgeführten Maßnahmen wurden hinsichtlich ihres Standes der Umsetzung überprüft. Wie in Kapitel 4.3 erwähnt enthielt der Katalog 893 Einzelmaßnahmen, welche sich in die Aspekte Schutz, Vorsorge, Vermeidung, Wiederherstellung und Konzepte aufteilten. Hiervon konnten 150 Maßnahmen umgesetzt werden. Im Katalog des ersten Zyklus waren sehr viele sogenannte WINWIN-Maßnahmen enthalten (742 Stück), also solche, die dem Katalog der WRRL entsprangen und von denen erwartet wurde, dass sie eine positive Wirkung auf die Hochwassersituation hätten. Auf diese wird später beim Abgleich mit dem Programm der WRRL separat eingegangen.

Betrachtet mann nur die reinen HWRM-Maßnahmen, so wurden von 151 Einzelmaßnahmen 85 umgesetzt. Für die verbleibenden 66 Maßnahmen wurde überprüft ob diese im zweiten Maßnahmenkatalog weitergeführt werden sollen. Hierbei wurde festgestellt, dass 22 der verbleibenden Maßnahmen nicht zielführend sind, diese wurden gelöscht. Nicht zielführend bedeutet in diesem Kontext, dass sie keinen signifikanten Beitrag leisten, um das Hochwasserrisiko an den Hochwasserrisikogewässern zu mindern. Bei weiteren 20 Maßnahmen wurden Änderungen vorgenommen, da sie zum Teil doppelt im Katalog vertreten waren. Diese wurden dann zu einer neuen Maßnahme zusammengefasst. Andere wiederum wurden umformuliert, um die Maßnahme klarer zu definieren. Letztlich blieben 28 noch nicht umgesetzte Maßnahmen übrig, die in den neuen Maßnahmenkatalog übernommen wurden. Eine Übersicht über die Entscheidungen kann dem Anhang 2 entnommen werden.

7.2.2 Erarbeitung neuer Maßnahmen

Die Erarbeitung neuer Maßnahmen schließt in der ersten Phase direkt an die Überprüfung des ersten Kataloges an. So ergaben sich neue Maßnahmen zum Beispiel dadurch, dass der erste Katalog einige standortbezogene Variantensstudien enthielt. Da einige dieser Studien abgeschlossen wurden, konnte die Umsetzung der Vorzugsvariante als neue Maßnahme in den Katalog aufgenommen werden.

Die Ergänzung des Maßnahmenkataloges geschah anhand der Analyse der Hochwasserrisikobewertung und unter Berücksichtigung der Ziele des HWRM. Hierbei wurde Bezug auf die Aspekte des HWRM (Schutz, Vermeidung, Vorsorge, Wiederherstellung/Überprüfung) sowie auf die abgeleiteten Maßnahmenarten genommen.

Aus der Hochwasserrisikoanalyse ergeben sich die Orte entlang den Hochwasserrisikogewässern, die besonders von Hochwasser betroffen sind. Hier gilt es, falls noch keine Projekte laufen, geeignete Maßnahmen festzulegen. Hierbei ist es entscheidend, sich nicht nur auf einzelne Gemeinden, sondern auf größere zusammenhängende Gewässerabschnitte zu konzentrieren. So handelt es sich bei einigen der neuen Maßnahmen um die Erstellung von Hochwasserschutzkonzepten. Innerhalb dieser sollen konkrete Projekte entwickelt werden, die sich nicht nur auf den Aspekt „Schutz“ beziehen, sondern alle Aspekte des HWRM beachten. Diese HWRM-Konzepte werden später näher erläutert.

Da es bei Hochwasserschutzkonzepten zu Anfang noch offen ist, welche konkreten Projekte sich daraus ergeben, werden (noch) Maßnahmensteckbriefe zu einzelnen Maßnahmen erstellt, die neben einer kurzen Erläuterung Angaben zu der Wirksamkeit, möglichen Konflikten oder Besonderheiten hinsichtlich etwaiger Genehmigungen geben.

Da HWRM eine gesamtgemeinschaftliche Aufgabe ist, die sich nicht nur auf die Errichtung von Schutzinfrastruktur bezieht, wurden mehrere Maßnahmen entwickelt, welche direkt oder unter Schirmherrschaft der AGE durchgeführt werden. Es handelt sich hierbei spezifisch um Projekte der „Vorsorge“ und „Vermeidung“ wie das Verbessern des Hochwasservorhersagesystems oder die Erstellung weiterer Hochwassergefahrenkarten.

Die Maßnahmenarten werden noch durch die Maßnahmengruppe der „Konzepte“ ergänzt. Dies sind Maßnahmen, deren Umsetzung zum Teil nicht direkt zur Zielerreichung führen, aber oft einen entscheidenden Beitrag leisten können. Auch können es Projekte eher administrativer Natur sein.

Insgesamt wurden dem Maßnahmenkatalog 86 neue beziehungsweise weiterführende Maßnahmen hinzugefügt.

7.2.3 Koordination mit der WRRL

Entsprechend Artikel 9 der HWRM-RL sollen beide Richtlinien besonders im Hinblick auf die Verbesserung der Effizienz, den Informationsaustausch und gemeinsame Vorteile für die Erreichung der Umweltziele gemäß Artikel 4 der WRRL koordiniert werden.

Auch für den zweiten HWRM-Plan werden bei der Ausarbeitung des Maßnahmenprogramms Abstimmungen mit dem Entwurf des Maßnahmenprogramms der WRRL vorgenommen. Zum einen werden die reinen Hochwassermaßnahmen hinsichtlich ihrer Auswirkung auf die Ziele der WRRL überprüft. Zum anderen wird der Maßnahmenkatalog bzw. das Maßnahmenprogramm der WRRL geprüft, um jene Maßnahmen zu identifizieren, die ebenfalls einen signifikanten Beitrag zur Senkung des Hochwasserrisikos mit sich bringen könnten. Diese Maßnahmen werden dann ebenfalls im Maßnahmenprogramm des HWRM-Plans berücksichtigt.

Wie erwähnt enthielt der erste Maßnahmenkatalog 742 Maßnahmen aus dem Katalog der WRRL. Hiervon wurden 65 Maßnahmen umgesetzt.

Im Zuge der Erstellung des dritten Bewirtschaftungsplanes wurde der Maßnahmenkatalog umfassend überarbeitet. Die Details hierzu können dem Bewirtschaftungsplan WRRL entnommen werden. Hierbei hat sich herausgestellt, dass einige Maßnahmen des Maßnahmenkatalogs von 2015 teilweise nicht auf die vorhandenen Belastungssituationen und die gewässerökologischen Ziele im Sinne des Strahlwirkungskonzeptes und der WRRL abgestimmt sind. Konkret bedeutet dies, dass Maßnahmen gelöscht wurden. Dies betraf auch solche Maßnahmen, die im Katalog des HWRM-Plans zu finden waren. Von den 675 noch nicht umgesetzten WINWIN Maßnahmen wurden nach aktuellem Stand 442 gelöscht. Diese wurden dementsprechend auch aus dem Katalog des HWRM-Plan herausgenommen. Außerdem wurden neue Maßnahmen hinzugefügt.

Eine weitere Folge der Überarbeitung des Kataloges der WRRL war die Neubestimmung der Maßnahmenarten. Von Interesse für den HWRM-Plan sind die hydromorphologischen Maßnahmen. Diese umfassen Maßnahmenarten zur Verbesserung der Gewässerstruktur, auch Morphologie genannt (HY MO), der ökologischen Durchgängigkeit (HY DU) und des Wasserhaushaltes (HY WA), wobei letztere nicht relevant für das HWRM sind. Das Spektrum der Maßnahmenarten umfasst die Wiederherstellung der ökologischen Durchgängigkeit an Querbauwerken, Verrohrungen und Durchlässen (durch eine vollständige Beseitigung des Wanderhindernisses, durch seine Umgestaltung oder den Bau von Wanderhilfen), den Einbau von Strukturelementen, das Zulassen eigendynamischer Entwicklung, das Entfernen von Sohl- oder Uferverbau, das Schaffen von Überflutungsräumen, die Wiederherstellung des naturnahen Wasserhaushalts u. v. m. Von diesen 3 Maßnahmengruppen wurden insgesamt 14 Maßnahmenarten abgeleitet. Die 18 Maßnahmenarten des Maßnahmenkatalogs von 2015 wurden somit den neuen Maßnahmenarten zugeordnet.

Analog zum ersten HWRM-Plan wurden im Zuge der Überarbeitung des Maßnahmenkataloges für den HWRM-Plan all jene Maßnahmen (neue und bestehende) des neuen Kataloges der WRRL herausgesucht, welche das Hochwasserrisiko senken können.

Nach Durchsicht der neuen Maßnahmenarten hat man sich auf die folgenden beschränkt:

- HY MO.05 - Wiederherstellung von naturnaher Laufentwicklung und Gewässerbett;
- HY MO.07 - Anlage eines Gewässerentwicklungskorridors;
- HY MO.08 - Sicherung und Erweiterung natürlicher Überflutungsräume und Augewässer.

Da sich die Ziele der HWRM-RL auf die Gebiete an den Risikogewässern beziehen, wurden nur solche Maßnahmen gewählt, die am Risikogewässer oder einem größeren Nebengewässer umgesetzt werden sollen. Auch wurden nur Maßnahmen ausgewählt, die eine gewisse Größe bzw. Länge aufwiesen, da hauptsächlich bei diesen von einer positiven, regionalen hydraulischen Wirkung ausgegangen werden kann. Für die Maßnahmenarten HY MO.05 und HY MO.07 liegt diese Grenze bei 450 m. Dies bedeutet nicht, dass Renaturierungen auf kürzeren Strecken keinen positiven Effekt auf die Hochwassersituation mit sich bringen können, jedoch werden sie nicht explizit in den Katalog des HWRM-Plans einbezogen. Sie werden als unterstützend zum HWRM eingestuft.

Von den verbleibenden 233 Maßnahmen wurden nach Anwendung der Regel, dass nur HY MO.05, 07 und 08 berücksichtigt werden, weitere 180 als nicht zielführend im Sinne des HWRM eingestuft. Insgesamt sind 53 Maßnahmen verblieben. Diese mussten nun mit dem neuen Katalog der WRRL abgeglichen werden, um die definitiven WRRL-Maßnahmen zu erhalten, die auch in den HWRM-Plan übernommen werden. Aus dem neuen Katalog der WRRL wurden 76 neue Maßnahmen hinzugefügt.

Eine weitere sinnvolle Maßnahmenart ist die HY MO.06, Anlage eines Gewässerrandstreifens. Diese Maßnahme zielt in erster Linie auf den Gewässerschutz ab, da vor direkten Nährstoff- und Schadstoffeinträgen geschützt wird und da der Gewässerschutz in der Regel auch zur Ufersicherung beitragen kann. Aus Sicht des HWRM ist es positiv zu bewerten, dass so eine neue Bebauung direkt am Gewässer und somit in der Überschwemmungszone verhindert wird. Daher wird diese Maßnahmenart auch als unterstützend zum HWRM angesehen, ohne in den Maßnahmenkatalog des HWRM-Plans aufgenommen zu werden.

Bezüglich der Hochwasserrisikomaßnahmen muss noch angegeben werden, wie sie sich zu WRRL verhalten. Hierbei wird jeder Maßnahme eine der folgenden Bewertungen zugeordnet:

- M1: Maßnahmen, die die Ziele der WRRL unterstützen
- M2: Maßnahmen, die ggf. zu einem Zielkonflikt führen können und einer Einzelfallprüfung unterzogenwerden müssen
- M3: Maßnahmen, die für die Ziele WRRL nicht relevant sind

Diese Einstufung kann dem neuen Maßnahmenkatalog entnommen werden.

7.2.4 Koordination mit der Klimaanpassungsstrategie

Wie erwähnt wurde in der Klimaanpassungsstrategie ein Bezug zur HWRM-RL hergestellt. Konkret wurde auch hier ein Maßnahmenkatalog erstellt, der einzelne Maßnahmen mit dem HWRM-P verlinkt. Einige dieser Maßnahmen waren direkte Aufforderungen, die im Zuge des HWRM-Plan umzusetzen sind, wie zum Beispiel die Berücksichtigung von Starkregenereignissen oder die Berücksichtigung der Auswirkungen des Klimawandels in den Bemessungsgrundlagen von Hochwasserschutzmaßnahmen. Auf beide Aufforderungen wurde hier eingegangen, wie in den Kapiteln 6.10 und 6.11 erläutert.

Weitere Maßnehmen der Klimaanpassungsstrategie wurden im hier vorliegenden HWRM-Plan umgesetzt. Dies wird in folgender Tabelle zusammengefasst:

Tabelle 36: Umgesetzte Maßnahmen der Klimaanpassungsstrategie im Zuge der Erstellung des HWRM-Plan

Maßnahme	Umsetzung
Erstellung von Vulnerabilitätskarten durch Verschneiden von Gefahrenzonenplänen mit Karten der Energieinfrastruktur	In der Bewertung des Hochwasserrisikos wurde die Betroffenheit von Energieinfrastruktur, im Spezifischen der Umspannwerke und Transformatoren, dargelegt
Identifizierte Gefahrenpotenziale den anderen Akteuren im Bereich kritischer Infrastrukturen kommunizieren, um hoher Interdependenz Rechnung zu tragen	In der Bewertung des Hochwasserrisikos wurde die Betroffenheit von Versorgungsinfrastruktur, im Spezifischen der Umspannwerke und Transformatoren und Trinkwasserentnahmestellen dargelegt

Der Maßnahmenplan der HWRM-RL soll der Klimaanpassungsstrategie Rechnung tragen. Maßnahmen, die als Synergie zur Anpassungsstrategie gesehen werden, werden im Katalog als solche gekennzeichnet.

7.2.5 Überblick über den Maßnahmenkatalog

Nach Aktualisierung des ersten Kataloges, Erarbeitung neuer Maßnahmen und Koordination mit WRRL und Klimaanpassungsstrategie wurden insgesamt 264 Einzelmaßnahmen ausgewählt. Tabelle 36 gibt einen Überblick über die Einteilung dieser Maßnahmen. Der überarbeitete Maßnahmenkatalog kann dem Anhang 3 entnommen werden.

Tabelle 37: Überblick über den neuen Maßnahmenkatalog

Maßnahmenart	Anzahl der Maßnahmen
Konzept	22
Vermeidung	6
HWRM-Konzept	40
Schutz	41
Vorsorge	23
Überprüfung	3
Schutz (WRRL)	129
Gesamt:	264

7.3 Priorisierung der Maßnahmen

Im Zuge der Umsetzung der HWRM-RL wird neben der Erstellung eines Maßnahmenkataloges auch gefordert, eine Priorisierung der Maßnahmen vorzunehmen.

Die Priorisierung der Maßnahmen richtet sich nach den drei folgenden Fragen:

- Wo sind die Schadenspotenziale am höchsten?
- Welche Maßnahmen sind am wirkungsvollsten?
- Welche Maßnahmen sind leicht umzusetzen?

Insgesamt wurden drei Prioritätsklassen gebildet, wie folgend erläutert:

Nach Anwendung dieses Prinzips wurden beispielsweise all jenen Maßnahmen die Priorität 1 zugeteilt, die auf die Reduzierung der Hochwasserrisiken an Orten abzielen, die schon bei häufigen Hochwasserereignissen hohe potenzielle Schadenswerte aufwiesen. In die gleiche Kategorie wurden Maßnahmen eingeteilt, die als besonders

effizient gelten. Dies ist zum Beispiel bei Maßnahmen der Verbesserung der Hochwasservorhersage der Fall. Einfach umzusetzende Maßnahmen sind beispielsweise Bestandaufnahmen des Hochwasserrisikos an einzelnen Gebäuden (sensible Gebäude oder Industrieanlagen), das Freihalten von Überschwemmungsgebieten von Bebauung oder die Erstellung weiterer Hochwassergefahrenkarten. Diese kommen ebenfalls in die Kategorie der Priorität 1. Einfach umzusetzen bedeutet hierbei aber nicht immer, dass diese Maßnahmen nicht aufwändig sein können. Jedoch stehen diese Maßnahmen nicht im Konflikt zu anderen Gesetzgebungen oder Richtlinien.

Maßnahmen des Aspektes Schutz, die auf Ortschaften und Gemeinden abzielen, bei denen erst ab einem HQ100 größere Schäden zu erwarten sind, wurden der Priorität 2 zugeteilt. Hier wurden auch erste Maßnahmen zugeordnet, die dem Bewirtschaftungsplan der WRRL entstammen. Hochwasservorhersagen können durch die Vorwarnzeit bei entsprechenden Vorkehrungen Hochwasserschäden beträchtlich reduzieren (Patt, 2013) und gelten daher als besonders effizient., Dies gelingt jedoch nur, wenn diese Informationen die Menschen rechtzeitig erreichen. Maßnahmen zur Verbesserung des Informationsflusses wurden daher der Priorität 2 zugeteilt, da sie die Maßnahmen der Vorhersage ergänzen. Ebenfalls wurden auch hier Maßnahmen eingeordnet, die leicht umzusetzen sind und die Maßnahmen der Priorität 1 ergänzen. Dies kann zum Beispiel die Erarbeitung (bzw. Überarbeitung) von Leitfäden zu Aufklärungszwecken sein.

Maßnahmen für Orte und Gemeinden, die erst bei einem extremen Hochwasser größere Schadenspotenziale aufweisen, wurden in die Priorität 3 eingeteilt. Dies gilt auch für Renaturierungen an den etwas kleineren Risikogewässern. Des Weiteren sind hier unterstützende Maßnahmen aufgelistet, Schulungen spezifischer Gruppen oder Projekte, bei denen das Hochwasserrisikomanagement nicht an erster Stelle steht, die aber trotzdem unabdingbar sind, da sie wertvolle Grundlagen liefern, wie etwa die Regionalisierung von Hochwasserabflüssen.

Die Priorisierung der einzelnen Maßnahmen kann dem Maßnahmenkatalog im Anhang 3 entnommen werden.

7.4 Überwachung und Bewertung der Fortschritte

Entscheidend bei einem umfassenden HWRM ist es, Fortschritte zu überwachen beziehungsweise zu überprüfen. Dies ist auch eine der Grundforderungen der Richtlinie. Wie bereits oben erwähnt liegt das Hauptaugenmerk für die Umsetzung des zweiten Zyklus der Richtlinie auf der Überprüfung und gegebenenfalls Anpassung der Bestimmungen des ersten HWRM-Plans. Führt man sich den Hochwasserzyklus aus Kapitel 7.1 noch einmal vor Augen, so erkennt man auch hier, dass eine der Phasen die Überprüfung ist. Dies bedeutet, dass Hochwasserereignisse zu untersuchen sind und Lehren daraus gezogen werden müssen, um bei dem nächsten Ereignis (noch) besser vorbereitet zu sein.

Die Überprüfung der Wirksamkeit von Einzelmaßnahmen (Aspekt Schutz) geschieht anhand des Hochwassermonitorings. Hierbei gilt es, im Hochwasserfall vor Ort die Überschwemmungen zu dokumentieren und diese in Relation zum Schutzziel der Maßnahme zu setzen. So kann überprüft werden, ob die Maßnahme zielführend war.

Eine weitere Möglichkeit der Überprüfung bietet die Auswertung der Hochwasserrisikokarten. Durch das Gegenüberstellen der Bewertung des Hochwasserrisikos (ergibt sich aus Überschwemmungsflächen und betroffenen Schutzgütern) aus Kartensätzen unterschiedlicher Jahre kann, wie in Kapitel 5 beschrieben, die Entwicklung überwacht werden.

Da das Hochwassermonitoring nur im Hochwasserfall und die Auswertung der HWRK nur bei Vorhandensein einer neuen Datengrundlage (neue HWGK oder Landnutzungsdaten) erfolgen kann, wird die Überprüfung und Bewertung des Fortschrittes anhand des Standes der Umsetzung der Einzelmaßahmen erfolgen. Diese Vorgehensweise wurde bereits im ersten HWRM-Plan angewandt und soll hier weiter ausgebaut werden.

Zur Überprüfung des Fortschrittes wird jede Einzelmaßnahme in einer Datenbank mit dem Stand ihrer Umsetzung gekennzeichnet. Es werden hierbei 3 Fälle unterschieden:

- Vorschlag: Die Maßnahmenumsetzung hat noch nicht begonnen;
- In Umsetzung: Die Maßnahmenumsetzung hat begonnen und befindet sich in Umsetzung;
- Umgesetzt: Die Maßnahme ist abgeschlossen.

Zur Bewertung des Fortschrittes soll ein spezifisches Bewertungssystem herangezogen werden. Da einzelne Maßnahmen vielversprechender sind bei der Verringerung der Hochwasserrisiken als andere, wurden den Maßnahmen aus dem Katalog wie im Kapitel 7.3 beschrieben, Prioritäten zugeordnet. Diese Priorisierung soll auch bei der Bewertung des Fortschrittes berücksichtigt werden. So wird die Umsetzung einer Maßnahme der Priorität 1 eine höhere Wichtung zugeteilt als einer Maßnahme der Priorität 2 oder 3. Die Bewertung wird als Prozentsatz angegeben, wobei bei Umsetzung aller Maßnahmen somit 100 % erreicht werden würden. Die genaue Beschreibung der gewählten Methodik wird derzeit noch bearbeitet und im finalen HWRMPL erläutert.

Des Weiteren wurden aus der Kategorie der Priorität 1 Maßnahmen herausgefiltert, deren Umsetzung als Mindestanforderung angesehen werden. Konform zu der Bestimmung der HWRM-RL, konkrete Ziele unter Berücksichtigung aller Aspekte des HWRM zu definieren, wurden Maßnahmen zu allen Zielen hier ausgewählt. Diese werden erneut eine besondere Wichtung in der Bewertung erhalten.

Ziel Nr. 1: Vermeidung neuer Risiken

Neue Risiken sollen dadurch vermieden werden, dass das Schadenspotenzial innerhalb der Überschwemmungsgebiete nicht erhöht wird und Retentionsflächen erhalten bleiben, durch ein konkretes Nicht- Bebauen dieser Flächen oder durch hochwasserangepasste Bauweise.

Da alle Projekte, Bauten und Anlagen innerhalb der Überschwemmungsgebiete lautabgeändertem Wassergesetz genehmigungspflichtig sind, ergibt sich hier eine weitere, konkrete Möglichkeit zur Überwachung dieses Zieles. Anhand des Genehmigungsantrages und der geforderten Einhaltung spezifischer Regeln kann das Ziel zum Teil erreicht werden.

Einzelmaßnahmen zum Erreichen der Mindestanforderung zum Ziel 1:

- Hochwassergefahrenkarten für zusätzliche Hochwasserszenarien an den 17 Risikogewässern;
- Hydraulisch wirksame Retentionsräume bestimmen;
- Leitfaden „Bauen in Überschwemmungsgebieten“ überarbeiten.

Ziel Nr. 2: Reduktion bestehender Risiken durch Schutz

Dieses Ziel kann durch Umsetzung der spezifischen Maßnahmen erreicht werden. Dies ist einfach zu kontrollieren, muss aber um eine Komponente ergänzt werden, welche die tastsächliche Wirkung im Hochwasserfall überprüft. Das soll anhand des Hochwassermonitorings geschehen, das natürlich nur im Falle eines Ereignisses möglich ist. Daher ist dies eine ergänzende Maßnahme zur Überprüfung.

Einzelmaßnahmen zum Erreichen der Mindestanforderung zum Ziel 2:

- Umsetzung der Hochwasserschutzmaßnahme in Remich;
- Studie Hochwasserrisikomanagement Nordstad (im Zusammenhang mit der Renaturierung);
- Umsetzung Hochwasserschutz und Renaturierung der Alzette in 2 Gemeinden;
- Studie Hochwasserrisikomanagement in Mersch;
- Hochwasserpass sensible Gebäude und kulturelle Einrichtungen im HQ_{10};
- Hochwasserpass Industriestandorte im ÜSG.

Ziel Nr.3: Reduktion bestehender Risiken durch Vorsorge

Gute Vorsorgekonzepte sind einfache und sehr effektive Maßnahmen im HWRM. Auch gibt die HWRM-RL vor, dass der Schwerpunkt bei der Verringerung potenzieller hochwasserbedingter nachteiliger Folgen für die menschliche Gesundheit, die Umwelt, das Kulturerbe und wirtschaftliche Tätigkeiten, sofern angebracht, auf nicht-baulichen Maßnahmen der Hochwasservorsorge und/oder einer Verminderung der Hochwasserwahrscheinlichkeit liegt.

Einzelmaßnahmen zum Erreichen der Mindestanforderung zum Ziel 3:

- Gebietsbezogene Hochwasserwarnung;
- Integration der Hochwasservorhersagen in die staatliche WarnApp Gouvalert;
- Integration der luxemburgischen Wasserstände in die „Meine Pegel“ App;
- Alarm- und Einsatzpläne für 10 Gemeinden.

Ziel Nr. 4: Wiederherstellung und Überprüfung nach Hochwasserereignissen

Dieses Ziel wird von der Überprüfung des Fortschrittes und einer Bewertung ausgenommen, da sie selbst Methode zu Überwachung des Zieles 2 ist.

Das Hochwassermonitoring, das zur Überprüfung der Fortschritte beziehungsweise der Wirksamkeit der Maßnahmen dienen soll, wird weiter ausgebaut.

Jedoch wird empfohlen, dass es nach jedem größeren Hochwasserereignis zu einem Abklärungstermin zwischen CGDIS, den betroffenen Gemeinden und AGE kommen soll, welcher die Besonderheiten des jeweiligen Ereignisses thematisieren und herauszufinden soll was gut und was schlecht gelaufen ist. So können Schlüsse zur weiteren Verbesserung der Zusammenarbeit gezogen werden.

7.5 Zeitplan der Umsetzung

Hochwasserrisikomanagement ist eine Daueraufgabe. Die Umsetzung aller Maßnahmen wird nicht bedeuten, dass keine Hochwasserschäden beim Auftreten eines Ereignisses zu erwarten sind. Dazu kommt, dass die Auswirkungen des Klimawandels für das hydrologische System noch nicht ganz absehbar sind. Des Weiteren ist es nicht möglich, alle Vorkommnisse während eines Hochwasserereignisses vorherzusehen, wie beispielsweise die Verklausung an Brücken.

Die Vorgehensweise der HWRM-RL ermöglicht es, durch regelmäßiges Überprüfen und Anpassen des HWRM die bestmöglichen Maßnahmen für die Verringerung von Hochwasserschäden zu bestimmen. Der hier vorliegende Maßnahmenkatalog stellt daher kein abgeschlossenes System dar, sondern Maßnahmen, um auf die bekannten und prognostizierten Hochwasserrisiken zu reagieren.

Die Umsetzung einer Maßnahme ist immer mit Unsicherheiten behaftet, sei es durch Konfliktsituationen mit anderen Gesetzgebungen oder Unstimmigkeiten vor Ort. Dies bedeutet auch, dass sich die Umsetzung verzögern kann und man sich auf andere Maßnahmen konzentrieren muss. Daher wurde bei der Aufstellung eineskonkreten Zeitplanes der Umsetzung davon abgesehen, konkreten Maßnahmen einen Zeitstempel aufzudrücken. Stattdessen hat man sich dazu entschlossen, einen offeneren Zeitplan festzulegen, wobei ein bestimmter Prozentsatz der Maßnahmen unterschiedlicher Prioritäten umgesetzt werden soll.

Für den Zeitraum des dritten Zyklus (bis 2027) sollen demnach:

- 50 % der Maßnahmen der Priorität 1;
- 40 % der Maßnahmen der Priorität 2;
- 25 % der Maßnahmen der Priorität 3;

umgesetzt werden.

7.6 Umsetzung der Maßnahmen

Konkrete Hochwasserschutzprojekte, wie etwa Schutzinfrastruktur oder Renaturierungen von Gewässern, werden in der Regel in mehreren Etappen umgesetzt: Machbarkeitsstudie/Variantenstudie,

Ausführungsplanung, Antrag auf Bezuschussung und Genehmigungsantrag. Diese werden in den folgen Kapiteln erläutert.

7.6.1 Hochwasserrisikomanagement-Konzepte

Bei der Planung von Hochwassersrisikomanagement-Konzepten müssen verschiedene Aspekte betrachtet und abgearbeitet werden. Dies hat den Sinn, die bestmögliche Maßnahme oder das bestmögliche Maßnahmenbündel zu finden, unter Beachtung geltender Gesetzgebungen, eines realistischen Schutzziels und eines vernünftigen Kosten-Nutzen-Verhältnisses. Es wird dabei unterschieden, ob sich ein Projekt an einem Hochwasserrisikogewässer befindet oder nicht.

Der Beschluss, ein Projekt zu realisieren, geht in der Regel auf einen von zwei Ursprüngen zurück: die Erkennung einer Gefährdung anhand der HWGK oder ein reales Hochwasserereignis. In beiden Fällen ist es sinnvoll und notwendig, historische Ereignisse zu analysieren, da so wichtige Erkenntnisse für die weitere Planung gewonnen werden.

Zu Beginn eines Projektes ist es wichtig, das Planungsgebiet zu definieren. Oft werden solche Projekte innerhalb des Gebietes einer Gemeinde verwirklicht. Dies ist jedoch nicht immer zielführend, da die Gewässer die Gemeindegrenzen passieren und eine Veränderung der Hochwassersituation zum Beispiel Folgen auf die Nachbargemeinde haben kann. Negative Folgen sind in keinem Fall erlaubt. Daher bietet es sich an, größere Gewässerbereichen integral zu betrachten, da so auch weitere Maßnahmen entwickelt werden können, die bei einer Betrachtung auf Gemeindeebene nicht verwirklicht werden könnten. Eine solche einheitliche Betrachtung ist auch im Sinne der HWRM-RL und wird an dieser Stelle explizit befürwortet.

Insgesamt besteht eine der ersten Phasen eines Projektes immer darin, den Ist-Zustand zu definieren beziehungsweise zu ermitteln. Dies geschieht anhand einer hydraulischen Modellierung. Hier liegt ist auch der größte Unterschied zwischen Projekten an Risikogewässern und solchen an Nicht-Risikogewässern. Denn an den Risikogewässern beschreiben die Hochwassergefahrenkarten den Ist-Zustand, an den anderen Gewässern muss dieser erst neu bestimmt werden. Maßgebend für den Ist-Zustand sind Wasserstandshöhen, die Ausdehnung der Überschwemmungsgebiete und eventuell Fließgeschwindigkeiten sowie der vorhandene Retentionsraum. Zu betrachten sind immer mehrere Hochwasserszenarien, auch im Hinblick auf das später zu bestimmende Schutzziel.

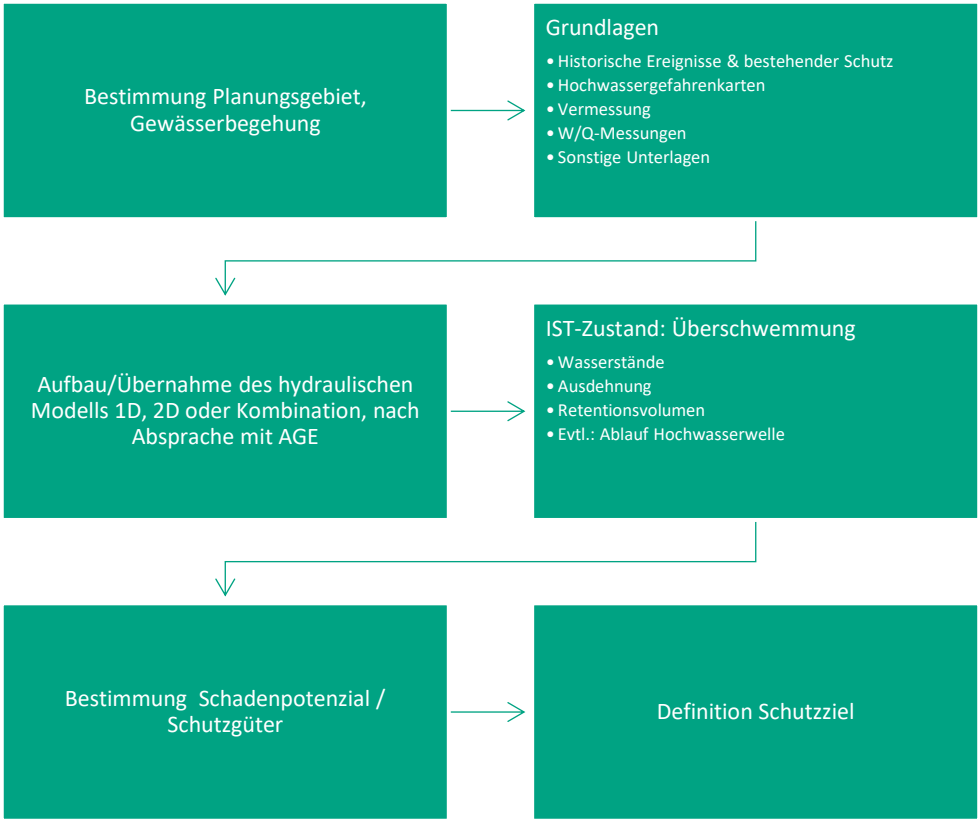
Vor den ersten Modellierungsarbeiten bietet es sich an, das Projektgebiet vor Ort zu untersuchen und Gespräche mit Anwohnern, Gemeindepersonal und der örtlichen Feuerwehr zu führen, da diese die Gegebenheiten am besten kennen. Des Weiteren sollen alle bereits umgesetzten Maßnahmen, welche dem HWRM dienen, aufgenommen und bewertet werden. Bei Hochwasserschutzinfrastruktur bedeutet dies zum Beispiel, deren iese aktuellen Schutzgrad zu untersuchen und zu prüfen, ob etwaige Unterhaltungsarbeiten erforderlich sind.

Auch sollen an einigen Stellen im Gewässer mehrmals und an verschiedenen Tagen Wasserstände und korrespondierende Abflüsse gemessen werden. Dies gibt ein Gefühl für das Gewässer und ist unabdingbar für die Kalibrierung des späteren hydraulischen Modells. Bei einer solchen Gewässerbegehung wird auch beschlossen, welche Modelltechnik für die Berechnungen nötig ist. Zur Wahl stehen 1D, 2D oder ein gekoppelter 1D/2D-Ansatz. Die Wahl des Modells ist in jedem Fall zu begründen und mit der AGE abzuklären. Wird ein Projekt an einem Mündungsbereich zweier Gewässer geplant, so sind beide Gewässer im hydraulischen Modell zu berücksichtigen. So können die Abhängigkeiten der beiden in Bezug auf Wasserspiegel und/oder Strömungsverhalten erfasst werden.

Neben der Messung der Wasserstände und Abflüsse müssen das Gewässer und alle entscheidenden hydraulischen Strukturen vermessen werden. Auch einzelne Wassereintrittspunkte an Gebäuden können vermessen werden. Diese Geländeaufnahmen bilden die Basis des hydraulischen Modells.

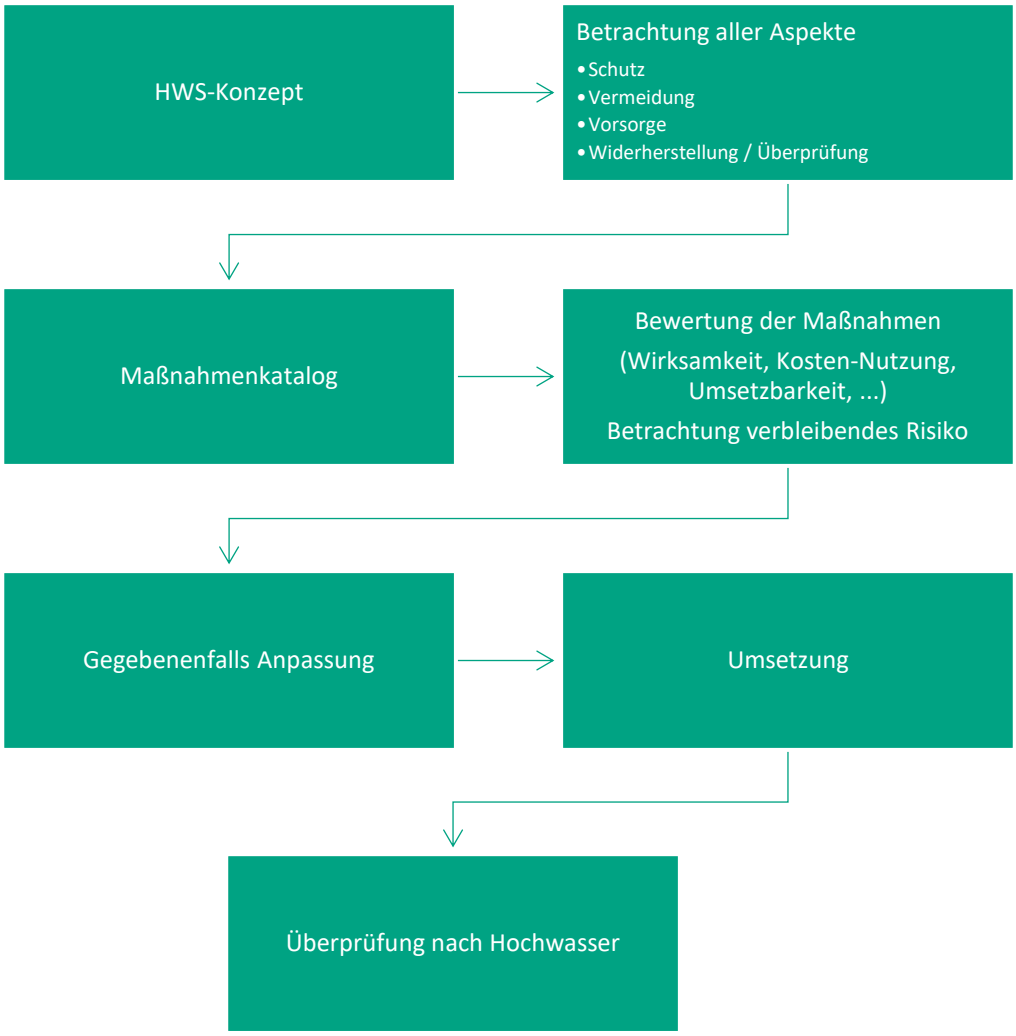
Anschließend wird das Hochwasserrisiko anhand der Ergebnisse der hydraulischen Berechnung bestimmt. Dies geschieht durch Verschneidung mit Flächennutzungsdaten oder eine spezifische Vor-Ort-Analyse. DieseAnalyse des Schadenspotenzials ist entscheidend für die Festlegung des Schutzzieles einer bestimmten Stelle.

Aus diesen Untersuchungen des Ist-Zustandes und der Definition des gewünschten Schutzzieles werden in einer weiteren Phase unterschiedliche Maßnahmenkonzepte entwickelt. Wichtig ist hierbei der Begriff „Konzepte“. In der Phase der Variantenstudie sollen mehrere Maßnahmen betrachtet werden, auch Kombinationen untereinander, um die vielversprechendste Lösung zu finden. Dabei gilt es alle Aspekte des Hochwasserrisikomanagements, also „Schutz“, „Vermeidung“, „Vorsorge“ und „Überprüfung“ zu beachten.



Bei Maßnahmen des Aspektes „Schutz“, beispielsweise Renaturierungen oder technischen Hochwasserschutzmaßnahmen, muss man ihre Wirksamkeit nachweisen. Hierzu werden diese Maßnahmen in das hydraulische Modell eingebaut, und die vorherigen Hochwasserszenarien werden neu berechnet. Anhand der sich ergebenden Änderungen bei Wasserstand, Fließgeschwindigkeit und Schadenspotenzial (neue Auswertung nötig) kann man die Wirksamkeit einer Maßnahme erkennen.

Speziell für diese Maßnahmen ist der Austausch mit den verschiedenen Verwaltungen und Betroffenen wichtig, da so schon sehr früh darauf geachtet werden kann, dass eine Maßnahme auch umsetzbar ist, z.B. im Hinblick auf geltende Gesetzgebungen. Hier ist vor allem die WRRL, das Naturschutzgesetz, aber auch die Verschlechterung der Hochwassersituation für Dritte zu nennen. Auch muss in dieser Phase eine erste grobe Kostenschätzung erfolgen. Maßnahmen die zu teuer sind und das Kosten-Nutzen-Prinzip nicht berücksichtigen können so verworfen werden. Die Findung der Vorzugsmaßnahme(n) geschieht in Zusammenarbeit aller betroffenen Akteure, also Gemeinde, AGE oder aber auch ASTA, ANF oder CGDIS.



Zu beachten ist noch, dass Maßnahmen aus dem Aspekt „Schutz“ nicht immer so wie ursprünglich geplant umgesetzt werden können. Dies kann mehrere Gründe haben wie beispielsweise den Kosten-Nutzen-Faktor, die Unvereinbarkeit mit anderen Gesetzen oder die Tatsache, dass eine Maßnahme nicht in das Landschaftsbild passt. Auch können nicht verfügbare Grundstücke für ein Projekt Anpassungen zur Folge haben. Das kann unter Umständen dazu führen, dass das Schutzziel hiermit nicht erreicht werden kann.

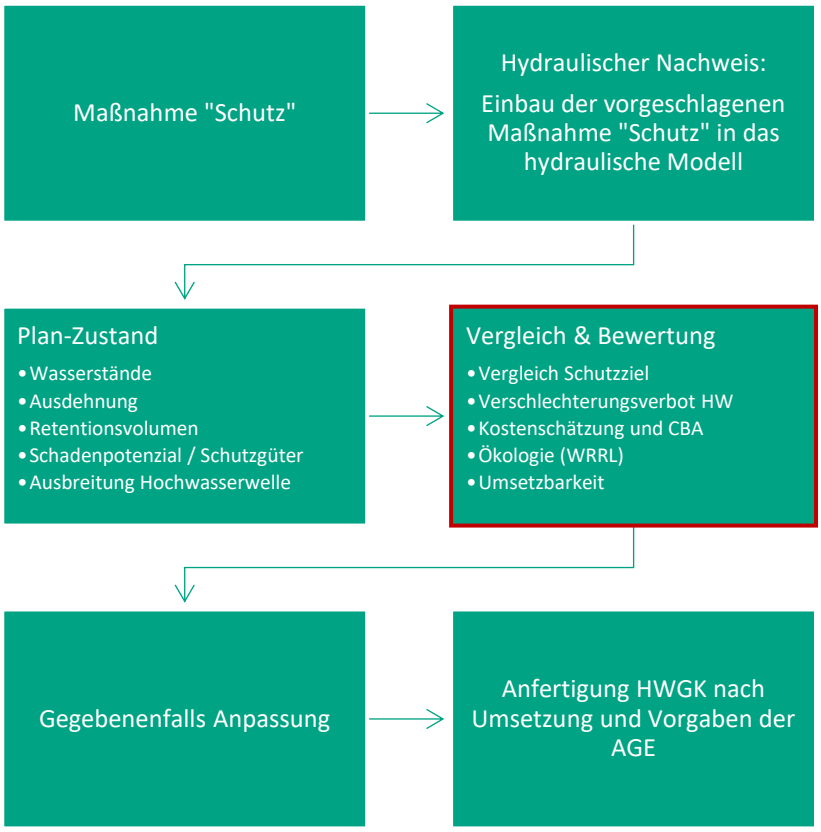
Die Themen „Schutzziel“ und „verbleibendes Hochwasserrisiko“ sollen bei jedem vernünftig geplanten Projekt eine übergeordnete Rolle einnehmen. Zum einen kann, wie erwähnt, das Schutzziel nicht immer erreicht werden, zum anderen bedeutet die Definition eines Schutzzieles auch, dass es bei Überschreiten des solchen trotz bestehender Hochwasserschutzinfrastruktur zu hochwasserbedingten Schäden kommen kann. Planungen einer einzelnen Maßnahme im Hinblick auf ein extremes Ereignis sind oft wenig sinnvoll, hätten sehr hohe Kosten zur Folge oder wären baulich kaum realisierbar.

Dies kann am Beispiel der Hochwasserschutzmauer in Ingeldorf erklärt werden: Diese wurde so geplant, dass der Abfluss, der beim Hochwasser von 1993 auftrat, zurückgehalten wird. Dabei handelt es sich um den Abfluss eines dreißigjährlichen Hochwassers. Führt die Sauer bei einem zukünftigen Hochwasser mehr Wasser als dieser Abfluss, wird der Wasserstand höher sein als die Mauer, was zu Überströmung führen wird und die Überflutung der Ortschaft zur Folge hat. Man spricht auch von planmäßigem Versagen. Den Grad der Schutzwirkung einer bereits bestehenden Hochwasserschutzmauer kann man den HWGK entnehmen. Ist die Überschwemmung in einer gelben Farbe angezeigt, bedeutet dies, dass das die Überschwemmung wäre, wenn keine Mauer da wäre, man ist also für dieses Szenario geschützt. So erkennt man in Ingeldorf, dass die Bereiche hinter der Mauer bei

einem HQ10 gelb sind, bei einem HQ100 jedoch blau, da hier die Mauer bei einem solchen Ereignis überströmt wird.

Auch soll darauf hingewiesen werden, dass Maßnahmen des Aspektes „Schutz“ nicht zwingend die besten Ergebnisse liefern. Notfall- und Einsatzpläne beispielsweise können helfen, größere Schäden zu vermeiden. Auch die Hochwasservorhersagen sind hierbei sehr hilfreich. Kennt man den kritischen Wasserstand für ein Gebäude, können die hier lebenden Personen frühzeitig gewarnt werden. So können wertvolle Besitztümer rechtzeitig in obere Etagen gebracht werden. Denn letzten Endes liegt es auch bei den Betroffenen selbst, sich zu schützen. Hier können Verhaltensregeln oder die Änderung der Nutzung zumindest der unteren Etagen eines Gebäudes im Hochwasserfall sehr viel Schaden vermeiden. Die Aufstellung solcher Regeln oder die Beratung für betroffene Hausbesitzer soll auch Gegenstand eines Hochwasserrisikomanagementkonzeptes sein. Auch Objektschutzmaßnahmen wie etwa mobile Absperrsysteme können helfen.

Für die Umsetzung von Maßnahmen des Aspektes „Schutz“ müssen einige Nachweise erfolgen. Folgendes Schema zeigt die einzelnen Schritte bei der Umsetzung einer Schutzmaßnahme:



Nach Fertigstellung einer gewässerbaulichen Maßnahme soll eine As-built-Vermessung der Situation erfolgen. Anhand dieser gilt es im letzten Schritt für den betroffenen Gewässerabschnitt die neuen Überschwemmungsgebiete zu bestimmen. So kann nach Umsetzung die Wirksamkeit geprüft werden.

Nach Fertigstellung der Planung sind die Ergebnisse der hydraulischen Berechnung für die Ist- und Planungsvarianten in digitaler Form an die AGE, als zentrale Verwaltungsstelle hydraulischer Berechnungen, zu übergeben. Es handelt sich dabei um die Wasserstände bzw. die Ausdehnung, aber auch Fließgeschwindigkeiten oder Retentionsausgleichkonzepte sollen, falls nötig, digital übergeben werden. Die Daten sollen so zur Verfügung gestellt werden, dass sie kompatibel mit gängigen GIS-Softwares sind.

Vermessungsunterlagen sind ebenfalls abzugeben, falls das Projekt vom FGE bezuschusst wurde. Hier können die Daten als TXT-, CAD- oder GIS-Datei übergeben werden.

Abschließend bleibt festzuhalten, dass ein umfassendes Hochwasserrisikomanagement die Betrachtung aller Aspekte berücksichtigt.

7.6.2 Finanzierung der Maßnahmen des Maßnahmenkataloges

In Luxemburg werden Maßnahmen, die dem Hochwasserschutz dienen, durch die Gemeinden bzw. die kommunalen Zweckverbände finanziert, wobei diese ein Anrecht auf eine staatliche Bezuschussung haben. Die Bezuschussung geschieht über den „Fonds pour la gestion de l'eau", kurz FGE. Hierbei ist ein Antrag an das Ministerium für Umwelt, Klima und nachhaltige Entwicklung zu stellen. Dieser wird an die AGE weitergeleitet, die das Projekt prüft und schriftlich dazu Stellung nimmt. Diese Stellungnahme wird an den FGE weitergeleitet, der daraufhin die Entscheidung der Bezuschussung trifft.

Laut dem abgeänderten Wassergesetz können die Kosten für die Planung von Hochwasserschutzmaßnahmen bis zu 100 % vom Staat übernommen werden. Die Umsetzung der Maßnahme wird bis zu 90 % bezuschusst. Objektschutzmaßnahmen können bis zu 75 % bezuschusst werden. Zusatzkosten, die sich durch das Projekt ergeben, können ebenfalls übernommen werden.

Wichtig ist es zu beachten, dass der Förderantrag im Voraus anzufragen ist. Erst wenn dieser genehmigt wurde, dürfen die Arbeiten beauftragt werden. Für bereits begonnene oder abgeschlossene Arbeiten werden keine Kosten übernommen.

Bei Maßnahmen, die sich aus den Machbarkeitsstudien ergeben, soll im Allgemeinen immer den ökologischen Maßnahmen der Vorzug gegeben werden. Des Weiteren können technische Hochwasserinfrastrukturen, beispielsweise Hochwasserschutzmauern, meistens nicht ohne Ausgleichsmaßnahmen realisiert werden, da sie in der Regel Retentionsvolumen verdrängen. Daher sind solche Projekte oft nur in Kombination mit weiteren Projekten wie etwa einer Renaturierung umsetzbar. Diese Vorsätze werden auch bei der Bezuschussung berücksichtigt. (Synergie zu WRRL)

Für Maßnahmen des HWRM-Aspektes Schutz, Maßnahmenart technischer Hochwasserschutz, ist eine Kosten-Nutzen-Analyse durchzuführen. Solche Wirtschaftlichkeitsuntersuchungen stellen dem zu erwartenden Nutzen (vermeidbare Hochwasserschäden) die Kosten der Anlage inklusive der Folgekosten gegenüber, also Unterhaltungskosten und Kosten für mögliche Ersatzteile.

Allgemeine Hinweise zur Finanzierung:

Für Projekte innerhalb von Überschwemmungszonen, wie etwa der Bau bzw. der Neubau von Brücken, oder der Bau hochwasserangepasster Gebäude gibt es keine Bezuschussung. Es gilt das Ziel der Verbesserung.

Die Bezuschussung betrifft dabei nicht nur jene Maßnahmen, welche im Maßnahmenkatalog aufgeführt sind. Auch andere, hier nicht erwähnte Maßnahmen können, wenn sie sinnvoll sind, zu dem gleichen Satz wie oben erwähnt bezuschusst werden. Die Prozeduren sind die gleichen.

7.6.3 Privater Objektschutz

Mittlerweile können aber nicht nur Gemeinden oder kommunale Verbände Bezuschussungen erhalten, sondern auch Privatpersonen. So kann man beispielsweise Subsidien für die Errichtung von Objektschutzmaßnahmen beantragen. Hier gibt es jedoch zwei wichtige Punkte zu beachten;

- Gefördert werden nur sogenannte Wassereintrittsbarrieren welche direkt am der im Gebäude installiert werden können;
- Wie bereits oben erwähnt erstattet der FGE keine Kosten zurück. Der Förderantrag ist daher unbedingt vor den Arbeiten anzufragen und es muss auf positive Rückmeldung seitens des FGE gewartet werden;

Die Prozedur bei der Beantragung der Fördermittel ist hierbei die gleiche wie oben beschrieben. Jedoch muss hier der Nachweis der Überschwemmungsgefährdung erbracht sein. Dies kann zum Beispiel durch die Lage innerhalb der HWGK oder in Gewässernähe innerhalb der Starkregengefahrenkarten geschehen. Aber auch an Orten, wo anhand der Karten keine Betroffenheit zu erkennen ist,können solche Maßnahmen gefördert werden, wenn es in der Vergangenheit zu Überschwemmungen kam. Hier sind Fotos des Unglücks ein gutes Mittel. Alternativ können auch für einzelne Gewässer Gefahrenkarten erstellt werden, beispielsweise unter Schirmherrschaft der Gemeinde. Gegebenenfalls kann auch ein Ingenieurbüro oder eine auf Objektschutz spezialisierte Firma damit beauftragt werden. Diese Nachweise sind dem Subsidien-Antrag in Form eines Berichts als Anlage beizufügen.

Details zur Förderung von privaten Objektschutzmaßnahmen werden in einem separaten Dokument (FAQ Erläuterung zur staatlichen Förderung von Objektschutz an Gebäuden gegen Hochwasser) erläutert.

7.6.4 Genehmigungen und Nachweise

Projekte an Gewässern und Vorhaben innerhalb von Überschwemmungsgebieten können die bestehende Hochwassersituation verändern und sind genehmigungspflichtig. Entscheidend für die Erteilung der Genehmigung ist, dass es durch die Umsetzung eines Projektes nicht zu einer Verschlechterung der Hochwassersituation für Dritte kommt oder sich das Schadenspotenzial im Hochwasserfall vergrößert.

Eine Verschlechterung der Hochwassersituation für Dritte würde sich ergeben, wenn sich beispielsweise die Wasserhöhen im Siedlungsbereich bei Hochwasser durch ein Projekt erhöhen würden.

Auch muss darauf geachtet werden, dass es nicht zu einer Verringerung des Retentionsvolumens innerhalb der Überschwemmungsgebiete kommt. Das nötige Retentionsraumvolumen bietet dem Wasser bei Hochwasser Platz um sich schafrei Auszubreiten und sorgt des Weiteren dafür, dass die Hochwasserwelle niedriger ausfällt und langsamer abfließt, wovon vor allem Unterlieger profitieren.

Des Weiteren soll der Abflusswirksame Querschnitt eines Gewässers nicht beeinträchtigt signifikant beeinträchtigt werden um vor allem in Siedlungsgebieten die Hochwasserentlastung nicht zu gefährden.

Solche Verschlechterungen sind nicht zulässig womit eine Ausgleichsmaßnahme beziehungsweise eine Anpassung der Planung nötig wird um diesem Umstand entgegenzuwirken.

Hier soll erläutert werden, welche Punkte bei unterschiedlichen Projekten innerhalb von Überschwemmungszonen zu beachten sind.

Hochwasserschutzprojekte

Hier muss nachgewiesen werden, dass das Projekt keine negativen Folgen für Unterlieger aufweist, beispielsweise kein Verlust an Retentionsvolumen entsteht. Kann diese Forderungen nicht erfüllt werden, so müssen zusätzliche Maßnahmen getroffen werden, um die negative Auswirkung auszugleichen. Auch müssen die Maßnahmen, im Sinne der WRRL, ökologisch verträglich sein.

Der hydraulische Nachweis geschieht anhand einer hydraulischen Modellierung. Je nach Gewässer und Lage (bspw. Siedlungsgebiete) müssen die Nachweise anhand unterschiedlicher Modelle (1D, 2D oder Kombination) und unterschiedlicher Zeitdynamik (stationär oder instationär) durchgeführt werden. Die Details hierzu sind vorab mit der AGE abzuklären.

Renaturierungen

Diese Art von Projekten hat in der Regel einen positiven Einfluss auf die Hochwassersituation, da Retentionsraum geschaffen werden kann. Lokal ist dann jedoch mit einer Erhöhung der Wasserspiegel bei Hochwasser zu rechnen. Daher ist auch hier der Nachweis, dass es zu keiner Verschlechterung der Hochwassersituation kommt, zu führen. Auch dies ist anhand einer hydraulischen Modellierung durchzuführen. Des Weiteren muss eine Massenbilanz des Bodens werfolgen.

Ökologische Durchgängigkeit

Projekte, welche die Widerherstellung der ökologischen Durchgängigkeit zum Ziel haben, können in der Variantenauswahl sehr unterschiedlich sein. Die Spannbreite reicht vom Komplettrückbau eines Wehres bis hin zu einem technischen Fischpass. Auch diese Projekte müssen, anhand eines hydraulischen Nachweises auf ihren Einfluss auf die Hochwassersituation geprüft werden.

Baumaßnahmen in Überschwemmungsgebieten

Bei Bauprojekten innerhalb von Überschwemmungsgebieten darf das Schadenspotenzial nicht erhöht und das Retentionsvolumen nicht verringert werden. Dies geschieht durch die hochwasserangepasste Bauweise, wie sie im „Leitfaden für Bauvorhaben innerhalb von Überschwemmungsgebieten“ (AGE, 2018) beschrieben wird.

Brückenbauprojekte

Beim Neubau oder Umbau von Brücken muss ebenfalls geprüft werden, welchen Einfluss dies auf das Hochwasser haben kann. Dabei kann eine Erhöhung des Rückstaus, durch Verkleinerung des Durchlasses, ebenso wie die Vergrößerung der Abflussleistung lokal zu einer Verschlechterung führen. Daher wird bei der

Genehmigungsprozedur ein hydraulischer Nachweis nötig, welche hierzu Aufschluss gibt. Hier soll auch die Durchflussleistung des Bauwerkes bestimmt werden.

Bleibt beim Umbau einer Brücke der hydraulische Durchflussquerschnitt unverändert, so kann auf einen hydraulischen Nachweis verzichtet werden.

Quellenangabe:

Administration des Services techniques de l'Agriculture (ASTA), 1994: Etude hydrologique et mesure de régulation de la Wark sur son cours inférieur

Administration des Services techniques de l'Agriculture (ASTA), AC Ettelbruck, AC Bourscheid, 1999: Hochwasserrückhaltebecken an der „Wark" bei Welscheid

Administration de la gestion de l'eau, Hydron GmbH, 2014: Wasserhaushaltsmodellierungen mit COSMO-CLM-Daten (Version 4.8) run1, run2 und run3 für das luxemburgische Sauereinzugsgebiet

Administration de la gestion de l'eau, 2015: Hochwasserrisikomanagementplan für das Großherzogtum Luxemburg

Administration de la gestion de l'eau, 2018: Leitfaden für Bauprojekte innerhalb von Überschwemmungsgebieten

Administration de la gestion de l'eau, Luxembourg Institute of Science, 2018 : La crue éclair du 22 juillet 2016 dans la région de Larochette

Administration de la gestion de l'eau, 2018: Vorläufige Bewertung des Hochwasserrisikos, Zweiter Zyklus (2015-2021)

Administration de la gestion de l'eau, Eepi Luxemburg S.à.r.l, IAW, Kurtenbach und Partner, 2020: Hydraulische 2D-Nachrechnung und Evaluation von Abflusskurven an luxemburgischen Fließgewässern inklusive einer landesweiten Hochwasser-Regionalisierung

Administration de la gestion de l'eau, Luxembourg Institute of Science, 2020 : Etude mécanistique et fréquentielle des crues subites de 2018 au Luxembourg

Administration de la gestion de l'eau, **Ingenierugemeinschaft Ruiz Rodriguez Zeisler Blank, Plan + Eval, 2021**: Hochwasserschadenspotenziale in Luxemburg, Ermittlung der landesweiten spezifischen Vermögenswerte für die Anwendung im Hochwasserrisikomanagement

Administration de la gestion de l'eau, Eepi Luxemburg S.à.r.l , 2021: Erstellung von Hochwassergefahren- und Hochwasserrisikokarten für das Großherzogtum Luxembourg (Entwurf)

Administration de la gestion de l'eau, 2021: Entwurf des dritten Bewirtschaftungsplanes für die luxemburgischen Anteile der internationalen Flussgebietseinheiten Rhein und Maas (2021-2027)

Administration de la gestion de l'eau, DHI-Group, TR-Engineering, 2021 : Retentionsraumkataster (Entwurf)

Bundesamt für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe, 2019: Sendai Rahmenwerk für Katastrophenvorsorge 2015-2030

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), 2013: Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwasserrisikomanagementplänen

Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser (LAWA), **2018**: Empfehlungen zur Aufstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten

Bureau d'Etudes Micha Bunusevac, 2006: Mesures Anti-Crues de la Gander à Mondorf-les-Bains

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), 2012: Schadensanalysen und Projektbewertung im Hochwasserrisikomanagement

Deutsche Vereinigung für Wasserwirtschaft, Abwasser und Abfall e.V. (DWA), 2016: DWA M553 Hochwasserangepasstes Planen und Bauen

Eepi Luxemburg S.à.r.l, 2018: Untersuchungen zum Hochwasser und Eisstau in der Our bei Eisenbach

Europäische Union, 2000: Richtlinie 2000/60/EG des Europäischen Parlamentes und Rates vom 23. Oktober 2000 zur Schaffung eines Ordnungsrahmens für Maßnahmen der Gemeinschaft im Bereich der Wasserpolitik

Europäische Union, 2007: Richtlinie 2007/60/EG des Europäischen Parlamentes und Rates vom 23. Oktober 2007 über die Bewertung und das Management von Hochwasserrisiken

Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2015: Plan d'intervention d'urgence en cas d'intempéries

Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2018 : Communiqué « Nouveau record de précipitation enregistré à Waldbillig »

Gouvernement du Grand-Duché de Luxembourg, 2019: Plan d'intervention d'urgence en cas d'inondations

Internationale Kommission zum Schutz der Mosel und Saar, **2019**: Überprüfung und Aktualisierung der vorläufigen Bewertung der Hochwasserrisiken im internationalen Bearbeitungsgebiet Mosel-Saar

Internationale Kommission zum Schutz der Mosel und Saar, 2020: Informationsaustausch nach Artikel 6 Absatz 2 der Hochwasserrisikomanagement-Richtlinie (HWRM-RL) über die Erstellung von Hochwassergefahrenkarten und Hochwasserrisikokarten im Mosel-Saareinzugsgebiet

Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché de Luxembourg (STATEC), 2020: Densité de la population par canton et commune au 1er janvier (Habitants par km²) 1821 – 2019

Institut national de la statistique et des études économiques du Grand-Duché de Luxembourg (STATEC), 2021: Vue d'ensemble du marché du travail (en 1 000 personnes) 2000 - 2020

Maniak U. 2010: Hydrologie und Wasserwirtschaft, 6. Auflage

Ministère du Développement durable et des Infrastructures, 2016: Leitfaden zur FFH-Verträglichkeitsprüfung für das Großherzogtum Luxemburg

Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable, 2018: Strategie und Aktionsplan für die Anpassung an den Klimawandel in Luxemburg 2018-2023

Patt. H, Jübner R. (Hrsg., 2013): Handbuch Hochwasser, 2. Auflage

Schröder & Associes, 2004: Zusammenfassung Hochwasserschutzmaßnahmen in Echternach

Smith. K, Ward, R, 1998: Floods – Physical process and human impacts

Société nationale des chemins de fer luxembourgeois, 2019: Rapport annuel 2019, Communiqué de presse

TR-Engineering, 2012: Mesures Anti-Crues sur la Sûre à Diekrich

TR-Engineering, 2013: Mesures Anti-Crues Larochette

Internetquellen:

ACA, 2021: https://www.aca.lu/fr/120-millions-e-de-dommages-suite-aux-inondations-la-catastrophe-la-plus-couteuse-de-lhistoire-de-lassurance-luxembourgeoise-2/

Luxemburger Wort, 2020: Fotos: Hochwasser in Luxemburg https://www.wort.lu/de/lokales/fotos-hochwasser-in-luxemburg-5e39464eda2cc1784e355680

Meteolux, 2021: Normal- und Extremwerte https://www.meteolux.lu/de/klima/normal-und-extremwerte/

Meteolux, 2021: Jährliche Klimabilanzen https://www.meteolux.lu/de/produkte-und-dienstleistungen/klimabilanzen/jahrliche-klimabilanzen

Meteolux, 2021: https://www.meteolux.lu/de/aktuelles/meteolux-verzeichnet-2-rekorde-der-niederschlagsintensitat-fur-den-monat-juli/?lang=de

Münchener Rückversicherung: https://www.munichre.com/de/risiken/naturkatastrophen-schaeden-nehmen-tendenziell-zu/ueberschwemmungen-und-sturzfluten-hochwasser-eine-unterschaetzte-gefahr.html

Luxinnovation: https://www.luxinnovation.lu/innovate-in-luxembourg/business-sectors/

Société de l'Aéroport de Luxembourg, 2021 : Flughafen Luxemburg verzeichnet für 2019 einen Passagierzuwachs https://www.lux-airport.lu/de/flughafen-luxemburg-verzeichnet-fur-2019-einen-passagierzuwachs/

Société de l'Aéroport de Luxembourg, 2021 : Service et installations https://www.lux-airport.lu/de/corporate/services-and-facilities/cargocenter/

UNESCO, 2021 : Patrimoine mondial https://unesco.public.lu/fr/patrimoines/mondial.html

World Steel Association : https://www.luxinnovation.lu/innovate-in-luxembourg/business-sectors/

World Weather Attribution. 2021: https://www.worldweatherattribution.org/heavy-rainfall-which-led-to-severe-flooding-in-western-europe-made-more-likely-by-climate-change/

Datenbanken:

Administration du cadastre et de la topographie, 2018: BD-L-TC 2015

Administration de la gestion de l'eau, 2021: Zones de protection d'eau potable provisoires

Administration de la gestion de l'eau, 2021: Zones de protection d'eau potable (procédure publique en cours)

Administration de la gestion de l'eau, 2021: Zones de protection d'eau potable créées par règlement grand-ducal servant à protéger les sources et forages.

Ministère du Développement durable et des Infrastructures - Département de l'Environnement, 2018: Natura 2000 - Zones spéciales de conservation (Zones Habitats)

Ministère du Développement durable et des Infrastructures - Département de l'Environnement, 2018: Natura 2000 - Zones de protection spéciale (Zones Oiseaux)

Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable & Ministère de l'Énergie et de l'Aménagement du territoire 2016: Occupation biophysique du Sol 2007

Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable & Ministère de l'Énergie et de l'Aménagement du territoire, 2021: LandUse 2015

Ministère de l'Environnement, du Climat et du Développement durable & Ministère de l'Énergie et de l'Aménagement du territoire, 2021: LandUse 2018