Konzept für den Umgang mit außergewöhnlichen Niedrigwasserereignissen im Maaseinzugsgebiet

Dezember 2020

Commission Internationale de la Meuse
Internationale Maascommissie
Internationale Maaskommission

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung 10
2. Rechtsrahmen 11
   2.1 Die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Leitfäden 11
      2.1.1. Niedrigwasser und guter Zustand der Oberflächenwasserkörper 11
      2.1.2. WRRL-Maßnahmenprogramm und wassermengenwirtschaftliche Maßnahmen 12
   2.2 Nationale Regelwerke 15
      2.2.1. In Frankreich 15
      2.2.2. In Wallonien 17
      2.2.3. In Flandern 17
      2.2.4. In den Niederlanden 17
      2.2.5. In Deutschland 18
      2.2.6. In Luxemburg 19
   2.3 Zusammenfassung 19
3. Zuvor durchgeführte Arbeiten 21
4. Hydrologie der Maas 22
5. Natürliche Abflussverhältnisse 30
   5.1 Ergebnisse an der Messstation Chooz 30
   5.2 Ergebnisse an der Messstation Lüttich 38
   5.3 Ergebnisse an der Messstation Lith-Megen 42
      5.3.1. Verzweigungen der Maas 43
      5.3.2. Die Entnahmen und Einleitungen in den Niederlanden 44
   5.4 Zusammenfassung 46
6. IMK- Niedrigwassermonitoring 47
   6.1 Instrumentarium (Messstationen, Parameter, Überwachungsfrequenz und Klassifizierung der Situation) 47
   6.2 Verfügbare Ergebnisse an den wichtigsten Messstationen 48
   6.3 Zusammenfassung 56
7. Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den Zustand der Wasserkörper an den Grenzen 58
8. Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf die verschiedenen Nutzungen der Oberflächengewässer 62
9. Minderung der negativen Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den Zustand der Oberflächenwasserkörper 64
   9.1 Die in den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen gemäß Wasserrahmenrichtlinie vorgesehenen Maßnahmen (Aktivitäten) 64

9.1.1 Koordinierung der der quantitativen Bewirtschaftungsmaßnahmen der nationalen Maßnahmenprogramme 65
9.1.2 Koordinierung des Krisenmanagements bei Niedrigwasser 66
9.2 Die internationalen Vereinbarungen über die Abflussverteilung im Maas-Einzugsgebiet ... 67
9.2.1 Internationaler Vertrag über das Kernkraftwerk von CHOOZ 67
9.2.2 Vertrag zwischen der Flämischen Region und dem Königreich der Niederlande über die Maaswasserableitung 68
9.2.3 Vertrag über das Mittellimburg-Wasser und die Nordbrabant-Kanäle (WATAK MLNBK) 68
10. Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse 69
10.1 AMICE (05) 69
10.1.1 Verwendete hydrologische Modelle und Berechnungspunkte 69
10.1.2 Für die Abflussprojektionen verwendete Klimaszenarien 70
10.1.3 Ergebnisse 70
10.2 Neue verfügbare Erkenntnisse seit AMICE 71
10.2.1 Niederlande (07) 71
10.2.2 Frankreich 74
10.2.3 Wallonie 75
10.2.4 Deutschland 75
10.2.5 Flandern 76
11. Schlussfolgerungen und Empfehlungen 81
11.1 Abflüsse 81
11.2 Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den chemischen und den ökologischen Zustand der Wasserkörper an den Grenzen 82
11.3 Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf die verschiedenen Nutzungen der Oberflächengewässer 84
11.4 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse 85

Dank

Teilnehmende aus den Arbeitsgruppen:

Andre Bannink, Denis Besozzi, Hendrik Buiteveld, Louise Busi, Ina Comhaire, Maxime Delolme, Ilke Dieltjens, Philippe Dierickx, Sébastien Gailliez, Thierry Garnavault, Jaap Goudriaan, Bert Hidding, Aleksandra Jaskula Joustra, Georges Jumet, Nathalie Klasen, David Kroekenstoel, Audrey Lahousse, Blanca Linz, Thomas Menzel, Saskia Onnink, Delphine Pontegnie, Gertrud Schaffeldt, Claude Schortgen, Jean-Marie Stam, Leon Stelten, Anne Trentels, Maarten Van der Ploeg, Niels Van Steenbergen, Jean-Pierre Wagner, Stéphanie Zaros

Vorsitz und Delegationsleitungen:

Didier D'hont, Olivier Dekyvere, Henri Hansen, Heide Jekel, Nathalie Klasen, Marie-Christine Lahaye, Alain Lercher, Liz Van Duin

Sekretariat der Internationalen Maaskommission:

Jérôme Delvaux, Jean-Noël Pansera, Laurence Tahay

In Erinnerung an Marcel de Wit, dessen Buch „Gouttes de pluie, flux de Meuse" inhaltlich für Kapitel 4 des Konzepts für den Umgang mit außergewöhnlichen Niedrigwasserereignissen verwendet wurde.

Die IMK dankt seinem Herausgeber VEEN Magazines und seinen Rechtsinhabern für die freundliche Genehmigung zur Nutzung einiger Textauszüge dieses Werkes, das Wegbereiter für die Überlegungen zum Thema Niedrigwasserereignisse im internationalen Einzugsgebiet der Maas war.

Liste der Abbildungen

Abbildung 1: Beurteilung des Zustandes eines Oberflächenwasserkörpers gemäß der normativen Begriffsbestimmung in Anhang V WRRL 11
Abbildung 2: Maßnahmen, die je nach Art des Mengendefizits zu ergreifen sind (03) 14
Abbildung 3: Karte der Referenzmessstellen für die Mengenbewirtschaftung der Oberflächengewässer des französischen Teils des Maaseinzugsgebiets (Quelle: SDAGE Rhin-Meuse) 16
Abbildung 4: Wasserkreislauf (04) 22
Abbildung 5: Ungefähre Wasserbilanz des Maaseinzugsgebiets pro Jahr (km^3) (04) 23
Abbildung 6: Relativer Abflussbeitrag (Prozentsatz) des Oberlaufs der Maas und ihrer Nebengewässer an der Mündung des Einzugsgebiets (04) 23
Abbildung 7: Abflussverhalten der Maas und dreier europäischer Flüsse (04) 24
Abbildung 8: Wassermenge, die als Niederschläge niedergeht, verdunstet und monatlich im Maaseinzugsgebiet transportiert wird (04) 25
Abbildung 9: Wassermenge (mm), die im Boden gespeichert wird (Speicherung), bezogen auf den Monat September (0 mm) (04) 25
Abbildung 10: Überblick über die wichtigsten Anpassungen, die in der Maas, ihren Nebengewässern und ihren Kanälen durchgeführt wurden. Gestützt auf Micha & Borlee (1989) sowie Berger & Mugie (1994) (04) 26
Abbildung 11: Kanäle im Maaseinzugsgebiet (04) 27
Abbildung 12: Wichtigste Talsperren im Maaseinzugsgebiet (Quelle: IMK - Synthesebericht 2012) 28
Abbildung 13: Karte der Messstationen des französischen Maaseinzugsgebiets 31
Abbildung 14: Schema der Wasserversorgung der Maas- und des Ardennenkanals 32
Abbildung 15: Karte der Sümpfungen im Nordosten Frankreichs 33
Abbildung 16: Zeitraum der Sümpfungen im Bergbau (in blau), je nach Gebiet (Zeiträume, während derer das Sickerwasser der Bergwerke abgepumpt und in das Oberflächengewässernetz eingeleitet wurde) 34
Abbildung 17: Über das Kraftwerk Chooz zwischen 2011 und 2015 (in m^3/s) verdunsteter mittlerer Monatsabfluss) 36
Abbildung 18: Karte der Einflüsse und der hydrologischen Stationen 36
Abbildung 19: Maasabfluss bei Saint-Mihiel 37
Abbildung 20: Positionsbestimmung der hydrologischen Messstellen von Chooz 38
Abbildung 21: IFGE Maas – wallonischer Teil - Natürliche Abflussverhältnisse der Maas 39
Abbildung 22: Tagesabflüsse der Maas (01/01/2004 - 31/07/2016) 40
Abbildung 23: Abweichung (%) zwischen der natürlichen Abflussreihe und der "gemessenen" Abflussreihe in Lüttich (01/01/2004 - 31/07/2016) 40
Abbildung 24: Abweichung (%) zwischen der natürlichen Abflussreihe und der "gemessenen" Abflussreihe in Lüttich (01/01/2004 - 31/07/2016) - Ausschluss der Zeiträume der Stauabsenkung der Maas 41
Abbildung 25: Schema der wichtigsten Verbindungen und Zuflüsse der Maas unterhalb von Lüttich 43
Abbildung 26: Zusammensetzung der natürlichen Reihe Lith 44
Abbildung 27: Karte des gemeinsamen Überwachungsnetzes des Maaseinzugsgebiets 47
Abbildung 28: Verwendete Abflussschwellenwerte, um die Intensität des Niedrigwassers zu bewerten 48
Abbildung 29: Vergleich der Jahresmittel-NM7Q mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Stationen Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018) 49
Abbildung 30: Vergleich der Jahresmittel-NM7Q mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station Lith-Megen (1911-1957) 50

Abbildung 31: Beispielrechnung für die Parameter SumD und MaxD in Verbindung mit der Überschreitung der Werte des Jahresmittel-NM7Q für eine gegebene hydrologische Station und für das Niedrigwasserjahr 2003 für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren 50
Abbildung 32: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag – Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018)..... 51
Abbildung 33: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag – Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018) 52
Abbildung 34: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1960 bis 1979 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag 53
Abbildung 35: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1980 bis 1999 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag 53
Abbildung 36: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 2000 bis 2018 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag 54
Abbildung 37: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1960 bis 1979 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag 54
Abbildung 38: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1980 bis 1999 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag 55
Abbildung 39: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 2000 bis 2018 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag 55
Abbildung 40: Zusammenhänge zwischen Niedrigwasser (bzw. Hochwasser) und Zustand der Oberflächengewässer..... 58
Abbildung 41: Lage der Messstellen des Homogenen MessNetzes (HMN) Maas 60
Abbildung 42: Entwicklung der jährlichen Mindestkonzentration gelösten Sauerstoffs, gemessen an den drei für die Überwachung der Wasserqualität am Hauptstrom der Maas eingerichteten Messstationen 61
Abbildung 43: Entwicklung der jährlichen Nitrat-Höchstkonzentration an drei Überwachungsstandorten für die Gewässerqualität am Hauptstrom der Maas..... 61
Abbildung 44: Schematische Darstellung der Auswirkungen von Niedrigwasser auf den Gewässerzustand und auf die Wassernutzungen 63
Abbildung 45: Potenzielle Konflikte zwischen Wassernutzern in einer Niedrigwasserperiode..... 64
Abbildung 46: Entscheidungsbaum zur Notwendigkeit, wassermengenwirtschaftliche Maßnahmen auf internationaler Ebene zu koordinieren 65
Abbildung 47: Entscheidungsbaum zum internationalen Koordinierungsbedarf hinsichtlich eines Krisenmanagements bei Niedrigwasser. 66
Abbildung 48: Karte der im Rahmen des AMICE-Projekts ausgewählten hydrologischen Berechnungspunkte (05) 69

Abbildung 49: KNMI'14-Szenarien (G bedeutet gematigd, d.h. im Niederländischen gemäßigt; W bedeutet warm, d.h. im Niederländischen warm – H bedeutet high und L bedeutet low) (07) 71
Abbildung 50: Temperaturanstieg bis 2050 und 2085 gegenüber dem Zeitraum 1981-2010 in den KNMI'14-Szenarien (07) 72
Abbildung 51: An der Station in Borgharen berechnete Entwicklung der mittleren Monatsabflüsse . 73
Abbildung 52: An der Station in Borgharen berechnete Entwicklung der Jahresmittel-NM7Q 73
Abbildung 53: Vieljährige Monatsabflüsse, berechnet in Chooz mit den hydrologischen Modellen GR4J und ISBA-MODCOU für die Zeiträume 1961-1990 (PST) und 2046-2065 (FUT) mit den sieben Klimamodellen des EXPLORE 2070 (09)-Projekts (farbige Kennzeichnung) – Die beobachteten Abflüsse sind schwarz gestrichelt dargestellt 74
Abbildung 54: Mittel-, Mindest- und Höchstwert der relativen Entwicklungen des NM10Q, NM30Q und NMoNQ in Chooz zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2046-2065, berechnet mit dem Modell GR4J (gelb) und dem Modell Modcou (grün) mit den sieben Klimamodellen des EXPLORE 2070-Projekts (09) 75
Abbildung 55: Im Rahmen des CCI-HYDR-Projekts berechnete Stationen (13) 76
Abbildung 56 : Schema der Mechanismen des Modells SCHEME (13) 77
Abbildung 57: Grundsatz zur Erhebung der für die Berechnungen mit SCHEME verwendeten Klimadaten (13) 78
Abbildung 58: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Ourthe in Angleur Szenarien A2 links und B2 rechts (13) 79
Abbildung 59: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Maas in Chooz für alle Szenarien A2 links und B2 rechts (13) 80
Abbildung 60: Für die Bewertung der Intensität des Niedrigwassers verwendete Abflussschwellenwerte 81

Liste der Tabellen

Tabelle 1: Vorrangliste für das niederländische Maaseinzugsgebiet 18
Tabelle 2: Merkmale der wichtigsten Talsperren des Maaseinzugsgebiets (Quelle: IMK - Synthesebericht 2012, nicht publiziert) 29
Tabelle 3: Liste der zu Trinkwasserzwecken bestimmten Entnahmen aus dem Fluss im französischen Maaseinzugsgebiet 34
Tabelle 4: Verbrauch der wichtigsten Industriestandorte des französischen Maaseinzugsgebiets von 2012 bis 2014 35
Tabelle 5: Ergebnisse des gemessenen und des natürlichen NM7Q an der Station in Chooz 37
Tabelle 6: Ergebnisse des gemessenen und natürlichen NM7Q an der Station in Lüttich (2004-2015) 42
Tabelle 7: Ergebnisse des gemessenen und natürlichen NM7Q an der Station in Lith-Megen 45
Tabelle 8: Überjahresmittel des NM7Q für die gesamte Chronik sowie Werte des Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Chooz, Lüttich und Lith-Megen 56
Tabelle 9: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Chooz 56
Tabelle 10: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Lüttich 56
Tabelle 11: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Lith-Megen 57
Tabelle 12: Übersichtstabelle der zwei gemeinsamen bedeutendsten Niedrigwasserereignisse, für die Stationen Chooz, Lüttich und Lith-Megen 57
Tabelle 13: Gewichtung, die auf die nationalen Umwandlungsfaktoren angewendet wurde, um ein länderübergreifendes Szenario zu erhalten (05) 70
Tabelle 14: Im Rahmen des AMICE-Projekts berechnete maximale Veränderung des NM7Q zwischen April und September (05) 71
Tabelle 15: Für die mit SCHEME durchgeführten hydrologischen Berechnungen verwendete Klimadaten (13) 79
Tabelle 16: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Stationen des CCH-HYDR-Projekts und sämtliche Szenarien A2 und B2 rechts (13) 80

Abkürzungsverzeichnis

AG: Arbeitsgruppe

AG H: Arbeitsgruppe Hydrologie/Hochwasser

AMICE: Adaptation of the Meuse to the Impacts of Climate Evolutions

CERFACS: Centre Européen de Recherche et de Formation Avancée en Calcul scientifique

CHIMERE 21 : Forschungsprojekt «CHIers – Meuse : Evolution du RégimE hydrologique au 21e siècle»

CILE: Compagnie Intercommunale Liégeoise des Eaux SCRL (interkommunaler Lütticher Wasserverband)

DREAL: Direction Régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement

DSCLIM: open-source Software, die eine statistische Auflösung von Klimaszenarien unter Verwendung einer zeitbasierten Methode und Analoga durchführt

EDF: Electricité de France

GCM: Global Climate Models

HMN: homogenes Messnetz

HWRM-RL: Hochwasserrisikomanagementrichtlinie

IFGE: Internationale Flussgebietseinheit

IKSMS: Internationale Kommissionen zum Schutz der Mosel und der Saar

IKSR: Internationale Kommission zum Schutz des Rheins

IMK: Internationale Maas-Kommission

IPCC: Intergovernmental Panel on Climate Change

KMI: Koninklijk Meteorologisch Instituut van België (Königliches Meteorologisches Institut von Belgien)

KNMI: Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (Royal Dutch Meteorological Institute)

LAWA: Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft Wasser

M7Q: Mittelwert von sieben aufeinanderfolgenden Tagesabflusswerten

MaxD: Höchstzahl aufeinander folgender Tage im Kalenderjahr, in dem der für jeden Kalendertag berechnete NM7Q unter einem gegebenen Schwellenwert liegt

NM7Q: niedrigstes der an den 7 Tagen während einer Referenzperiode errechneten arithmetischen Abflussmittel. Hier 1 Jahr.

PRUDENCE: Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining EuropeaN Climate change risks and Effects

RCM: Regional Climate Models

SAFRAN: Système d’Analyse Fournissant des Renseignements Adaptés à la Nivologie (Analysesystem zur Bereitstellung von Informationen für die Schneeforschung)

SDAGE: Schéma Directeur d’Aménagement et de Gestion des Eaux (Maßnahmenprogramm des französischen Bewirtschaftungsplans gemäß Wasserrahmenrichtlinie)

SPW: Service Public de Wallonie (wallonischer öffentlicher Dienst)

SumD: Gesamtzahl an Tagen im Kalenderjahr, in dem der für jeden Kalendertag berechnete NM7Q unter einem gegebenen Schwellenwert liegt

SWDE: Société Wallonne des Eaux (wallonische Wassergesellschaft)

WATAK MLNBK: Waterakkoord Midden-Limburgse en Noord-Brabantse kanalen (Wasserabkommen über die Kanäle in Mittel-Limburg und Nord-Brabant)

WRRL: Wasserrahmenrichtlinie

1. Einleitung

Niedrigwasser ist ein natürliches Phänomen, das alle Gewässer treffen kann, also auch grenzüberschreitende Flüsse wie Maas, Sambre, Chiers oder Rur. Es ist primär durch das Ausbleiben von Niederschlägen im Einzugsgebiet bedingt. Auch die hydro-geomorphologischen Gegebenheiten im Einzugsgebiet spielen eine wesentliche Rolle, sodass nahe beieinanderliegende Gewässer unterschiedlich auf den ausbleibenden Niederschlag reagieren können. Zudem können menschliche Aktivitäten und/oder der zu erwartende Klimawandel das Phänomen verstärken.

Auf der 18. Plenarsitzung der IMK am 26. November 2010 beschlossen die Staaten und Regionen, die Vertragsparteien der IMK sind, ein Niedrigwasser-Konzept zu erarbeiten. Mit diesem Konzept sollten die extremen Niedrigwasser- und die daraus folgenden Wassermangel-Situationen im Maaseinzugsgebiet bestmöglich antizipiert und so die dadurch entstehenden Schäden weitestgehend begrenzt werden.

Zur Umsetzung dieser Entschließung hat die AG „Hydrologie / Hochwasser“ der IMK von 2011 bis 2012 erste Analysearbeiten zu dieser Thematik durchgeführt, aus der die Erstellung eines Syntheseberichts über die „Liste der Hauptelemente der Niedrigwasserproblematik in den einzelnen Ländern und Regionen des Maaseinzugsgebiets“ resultierte.

Bei der Vorstellung dieses Syntheseberichts hat die Plenarsitzung der IMK die Arbeitsgruppen „Hydrologie – Hochwasser“, „Wasserrahmenrichtlinie“ und „Regie und Koordination“ aufgefordert, diese ersten Arbeiten zu vertiefen, um auf die nachstehenden drei Fragestellungen zu antworten:

- Was ist ein außergewöhnliches Niedrigwasserereignis im Maaseinzugsgebiet?
- Welche konkreten Folgen entstehen daraus?
- Wie kann man in einer solchen Situation reagieren?

Der vorliegende Bericht stellt aktuelle Erkenntnisse zusammen und definiert auf einer neuen, umfangreichen Datengrundlage, was ein außergewöhnliches Niedrigwasserereignis im Maaseinzugsgebiet ist.

Auch erste konkrete Folgen, die daraus entstehen, und erste Ansätze, wie man darauf reagieren kann, werden dargelegt.

2. Rechtsrahmen

2.1 Die Wasserrahmenrichtlinie und ihre Leitfäden

2.1.1. Niedrigwasser und guter Zustand der Oberflächenwasserkörper

Betrachtet man die normative Begriffsbestimmung zur Einstufung des guten Zustands[1] in Anhang V WRRL, so kann festgestellt werden, dass bei der Bewertung von Oberflächenwasserkörpern die Einstufung des ökologischen Zustands vorrangig auf biologischen Komponenten beruht. In Unterstützung der biologischen Komponenten werden hydromorphologische sowie chemische und physikalisch-chemische Komponenten herangezogen. Hydrologische Parameter werden lediglich im Rahmen der hydromorphologischen Komponenten in Form des Wasserhaushaltes (Abfluss und Abflussdynamik, Verbindung zu Grundwasserkörpern) betrachtet (s. Abbildung 1).

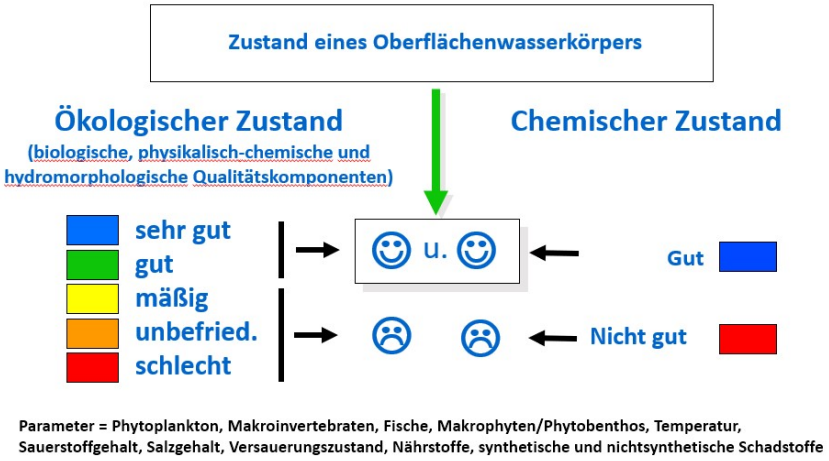


Abbildung 1: Beurteilung des Zustandes eines Oberflächenwasserkörpers gemäß der normativen Begriffsbestimmung in Anhang V WRRL

Dies verdeutlicht, dass bei der Beurteilung, ob sich ein Wasserkörper in gutem Zustand befindet oder nicht, **die hydrologischen Gegebenheiten als Ursache oder Erklärung** etwaiger Veränderungen/Verschlechterungen der biologischen, physikalisch-chemischen und chemischen Parameter **berücksichtigt werden müssen**.

Anders ausgedrückt bedeutet das, dass die zuständigen Behörden der Flussgebietseinheiten verpflichtet sind, **Maßnahmen zu ergreifen/aktiv zu werden, um auf die hydrologischen Gegebenheiten eines Oberflächenwasserkörpers einzuwirken, wenn diese als einer der Faktoren identifiziert werden, die das Erreichen eines guten Zustands verhindern**.

[1] Berücksichtigt wird der Wasserhaushalt eines Wasserkörpers, genau wie seine morphologischen Bedingungen, bei der Beurteilung, ob dieser Wasserkörper sich in einem sehr guten Zustand befindet oder nicht.

2.1.2. WRRL-Maßnahmenprogramm und wassermengenwirtschaftliche Maßnahmen

In ihrem Artikel 11 zum Maßnahmenprogramm zur Erreichung der Umweltziele für die Wasserkörper sieht die **WRRL eine Reihe von (nicht abschließenden) Maßnahmen zur quantitativen Bewirtschaftung von Wasserkörpern vor** (s. Teil B des Anhangs VI WRRL):

- *Entnahmebegrenzungen,*
- *Maßnahmen zur Begrenzung der Nachfrage, unter anderem Förderung einer angepassten landwirtschaftlichen Produktion wie z. B. Anbau von Früchten mit niedrigem Wasserbedarf in Dürregebieten,*
- *Maßnahmen zur Verbesserung der Effizienz und zur Förderung der Wiederverwendung, unter anderem Förderung von Technologien mit hohem Wassernutzungsgrad in der Industrie und wassersparende Bewässerungstechniken,*
- *Entsalzungsanlagen,*
- *Sanierungsvorhaben.*

Um festzustellen, ob solche quantitativen Bewirtschaftungsmaßnahmen erforderlich sind, **sieht die WRRL insbesondere vor, bei der Ermittlung von Belastungen, die den Zustand der Oberflächenwasserkörper beeinträchtigen können** (s. Anhang II Ziffer 1.4 WRRL), **die beiden folgenden Analysen vorzunehmen**:

- *Einschätzung und Ermittlung signifikanter Wasserentnahmen für städtische, industrielle, landwirtschaftliche und andere Zwecke, einschließlich der saisonalen Schwankungen und des jährlichen Gesamtbedarfs sowie der Wasserverluste in Versorgungssystemen,*
- *Einschätzung und Ermittlung der Auswirkungen signifikanter Abflussregulierung, einschließlich der Wasserüber- und -umleitungen, auf die Fließeigenschaften und die Wasserbilanzen.*

Diese Analysen erfolgen im Rahmen der in Artikel 5 WRRL vorgesehenen Bestandsaufnahmen.

Das vorliegende “Konzept Niedrigwasser” ist ein erster begrenzter Ansatz hierfür.

Es sollte jedoch bedacht werden, dass sich die technische Wirksamkeit, der im Rahmen der Maßnahmenprogramme der Mitgliedstaaten durchgeführten Maßnahmen zur Erreichung der Umweltziele für Oberflächenwasserkörper erheblich verringern kann, wenn die natürlichen Bedingungen ungünstig sind. Die Mitgliedstaaten sollten sich bewusst sein, dass schwierige natürliche Bedingungen die Wirksamkeit der im Rahmen der WRRL vorgesehenen nationalen Maßnahmenprogramme reduzieren können.

Aus diesem Grund sieht die WRRL in Artikel 4 Absatz 6 die Möglichkeit einer vorübergehenden Ausnahme im Hinblick auf die Umweltziele eines Wasserkörpers vor, die in dem Fall Anwendung findet, wenn die Zustandsverschlechterung bedingt ist „durch **aus natürlichen Ursachen herrührende oder durch höhere Gewalt bedingte Umstände, die außergewöhnlich sind** oder nach vernünftiger Einschätzung nicht vorhersehbar waren, **insbesondere** starke Überschwemmungen oder **lang anhaltende Dürren, [...] und wenn sämtliche nachstehenden Bedingungen erfüllt sind:**

a) Es werden alle praktikablen Vorkehrungen getroffen, um eine weitere Verschlechterung des Zustands zu verhindern und um die Verwirklichung der Ziele dieser Richtlinie in anderen, nicht von diesen Umständen betroffenen Wasserkörpern nicht zu gefährden;

b) In dem Bewirtschaftungsplan für das Einzugsgebiet wird festgehalten, unter welchen Bedingungen solche Umstände, die außergewöhnlich sind oder nach vernünftiger Einschätzung nicht vorhersehbar waren, geltend gemacht werden können und welche Indikatoren hierbei zu verwenden sind;

c) Die Maßnahmen, die unter solchen außergewöhnlichen Umständen zu ergreifen sind, sind in dem Maßnahmenprogramm aufgeführt und gefährden nicht die Wiederherstellung des Zustands des Wasserkörpers, wenn die außergewöhnlichen Umstände vorüber sind;

d) Die Auswirkungen von Umständen, die außergewöhnlich sind oder nach vernünftiger Einschätzung nicht vorhersehbar waren, werden jährlich überprüft, und es werden vorbehaltlich der in Absatz 4 Buchstabe a) aufgeführten Gründe alle praktikablen Maßnahmen ergriffen, um den Zustand, den der Wasserkörper hatte, bevor er von solchen Umständen betroffen wurde, so bald wie nach vernünftiger Einschätzung möglich wiederherzustellen,

e) In die nächste aktualisierte Fassung des Bewirtschaftungsplans für das Einzugsgebiet wird eine zusammenfassende Darlegung der Auswirkungen der Umstände und der Maßnahmen, die entsprechend den Buchstaben a) und d) getroffen wurden bzw. noch zu treffen sind, aufgenommen."

Bezieht man sich auf den europäischen Leitfaden Nr. 20(01), der aus dem CIS-Prozess (CIS Common Implementation Strategy) zur Umsetzung der WRRL hervorgegangen ist, so kann im Falle einer lang anhaltenden Dürre der vorrangige Bedarf im Zusammenhang mit menschlicher Tätigkeit (z. B. die Trinkwasserversorgung) vorübergehend zu Lasten der Umwelterfordernisse gehen, sofern die Bestimmungen von Artikel 4 Absatz 6 WRRL eingehalten werden[2].

Im oben genannten Leitfaden wird für außergewöhnliche Niedrigwasser Folgendes ausgeführt:

- *Die Mitgliedstaaten müssen zwischen den Auswirkungen anhaltender Trockenheit als rein natürliches Phänomen und den Auswirkungen menschlicher Tätigkeiten unterscheiden [3].*
- *Es gilt, zwischen der Trockenheit an sich und den Auswirkungen der Wassernutzungen und der Bewirtschaftung zu unterscheiden [4].*

Der technische Bericht (CIS) zum Dürremanagement (02) stellt zum Beispiel Folgendes klar (s. Abbildung 2):

- Im Maßnahmenprogramm gemäß Artikel 11 und Anhang VI WRRL sind wassermengenwirtschaftliche Maßnahmen zu ergreifen, um dauerhafte oder häufige mengenmäßige Defizite zu vermeiden, die das Erreichen der Umweltziele von Oberflächenwasserkörpern verhindern.

[2] "during a prolonged drought, (..), priority needs related to human activity (e.g. drinking water supply) can be temporarily met at the expense of the environmental needs, i.e. allowing a temporary non- achievement of the environmental objectives"

[3] "Member States will have to differentiate between the effects of prolonged droughts, which are purely natural phenomena, and the effects of human activities."

[4] "It is necessary to distinguish between the drought itself and the effects of water use and management practices."

- Außerdem sollten die Mitgliedstaaten, die den Ausnahmetatbestand gemäß Artikel 4 Absatz 6 WRRL bei langanhaltender Trockenheit in Anspruch nehmen wollen, einen Niedrigwassermanagementplan ausarbeiten, in dem Folgendes festgelegt wird:
    - *"**unter welchen Bedingungen [...] Umstände, die außergewöhnlich sind [Niedrigwasser] [...], geltend gemacht werden können** und welche Indikatoren hierbei zu verwenden sind",*
    - *"**temporäre] Maßnahmen, die unter solch außergewöhnlichen Umständen zu ergreifen sind**".*

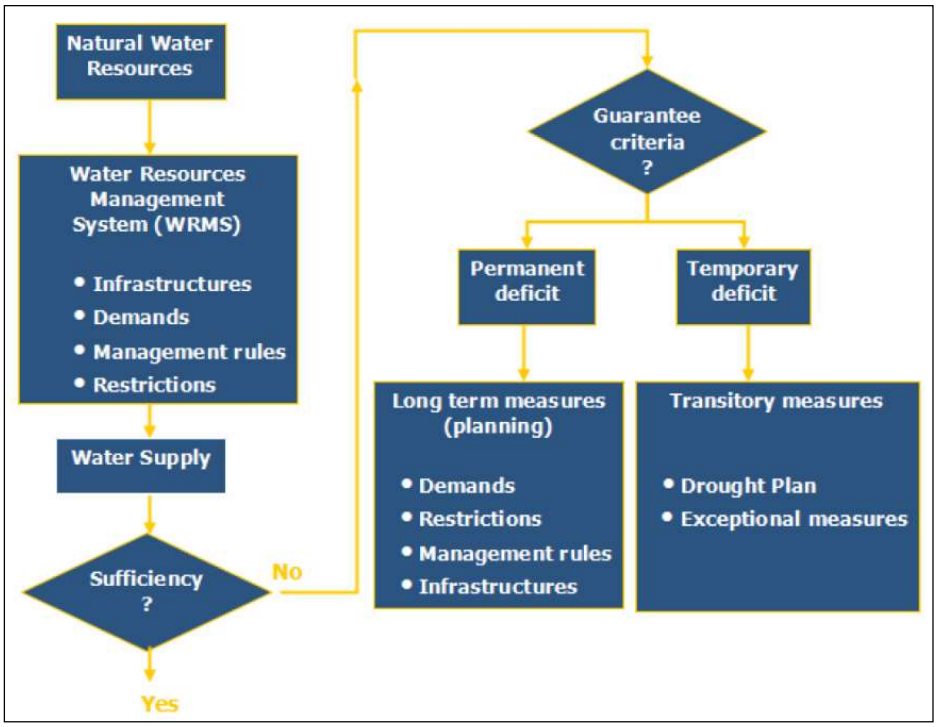


Abbildung 2: Maßnahmen, die je nach Art des Mengendefizits zu ergreifen sind (03)

Nach dem technischen Bericht 2008-023[5], der hier als Beispiel zugrunde gelegt wird, sind für einen Niedrigwassermanagementplan folgende Aspekte wichtig:

- Festlegung von Indikatoren insbesondere Abflussschwellenwerte (oder Niederschlagsdefizitwerte dort, wo es keine hydrologischen Messstellen gibt) für verschiedene Stufen der Dürre,
- Ergreifen von Maßnahmen – abhängig vom Ausmaß der Unterschreitung dieser Werte, um die Zielerreichung nach der WRRL möglichst nicht zu gefährden und die Wassernutzungen, insbesondere die öffentliche Wasserversorgung so wenig wie möglich einzuschränken.

[5] Der technische Bericht unterscheidet insoweit 4 Situationen, die mit entsprechenden Maßnahmen verbunden sind:
Normalzustand: Keine weiteren Maßnahmen erforderlich/notwendig als diejenigen, die dazu beitragen, durch ein nachhaltiges Wassermanagement den guten Zustand nach der WRRL zu erreichen, z.B. durch Steuerung der Wassernachfrage, Wasserspeicherung etc.;
Vorwarnzustand: Ergreifen von ersten Maßnahmen zum Dürremanagement (d.h. Informations- und Kontrollmaßnahmen), um die Verschlechterung des Zustands von Wasserkörpen zu verhindern, aber weiterhin Abdeckung des Wasserbedarfs;
Warnzustand: Intensivierung des Vorwarnzustands, Ergreifen von Maßnahmen wie z.B. Wassersparen oder Einschränkung des Wasserverbrauchs (abhängig von den sozio-ökonomischen Auswirkungen und in Abstimmung mit den Betroffenen), um die Verschlechterung des Zustands von Wasserkörpern zu verhindern

In der Praxis ergeben sich jedoch folgende wesentliche Schwierigkeiten bei der Festlegung der Schwellenwerte von Abflüssen für ein Dürremanagement in Verbindung mit den Vorgaben der WRRL:

- Genau wie die mit dem sehr guten Zustand verknüpften typspezifischen Referenzbedingungen der Qualitätskomponenten für den ökologischen Zustand nach der WRRL **können diese Schwellenwerte nicht unabhängig von der Größe des Einzugsgebietes und den klimatischen und geologischen Gegebenheiten der Wasserkörper bestimmt werden**.
- **Diese Schwellenwerte sollen** nicht nur die Ökoregionen und die Typen von Oberflächenwasserkörpern, sondern auch **die von den zuständigen Behörden genehmigten** Nutzungen der Gewässer **berücksichtigen (eingeleitete Schadstoffe oder Wasserentnahmen)**.

2.2 Nationale Regelwerke

2.2.1. In Frankreich

In Frankreich besteht kein Beschluss, der die Prioritäten der verschiedenen Wassernutzungen im Maaseinzugsgebiet bestimmt, denn Wasser ist dort insgesamt ausreichend vorhanden, sowohl in Bezug auf die Oberflächengewässer als auch auf das Grundwasser.

Das SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) entspricht dem französischen Bewirtschaftungsplan der Wasserrahmenrichtlinie für die Problematik der Niedrigwasserbewirtschaftung. Es unterstreicht, dass kein globales Ungleichgewicht zwischen der Wassernutzung und den verfügbaren Ressourcen im Maaseinzugsgebiet besteht. Daher, beziehen sich die Orientierungen und Bestimmungen des SDAGE, nicht auf den Umgang mit strukturbedingter Wasserknappheit, sondern auf extreme und außergewöhnliche oder lokale Dürre- und Überbewirtschaftungssituationen der Wasserressourcen.

Entsprechend wurden kritische Abflüsse in Chooz (Q = 14 m^3/s) und Saint-Mihiel (Q = 1,2 m^3/s) definiert, die Werten entsprechen, unter denen lediglich der Trinkwasserversorgungsbedarf und der natürliche Umweltbedarf gewährleistet werden können (cf. Abbildung Nr.3).

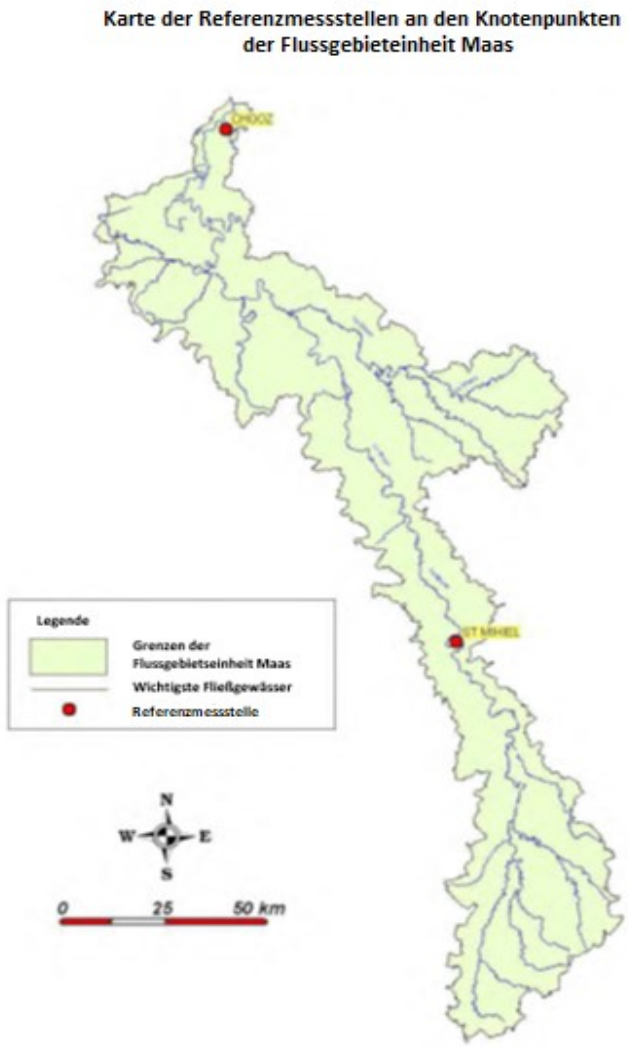


Abbildung 3: Karte der Referenzmessstellen für die Mengenbewirtschaftung der Oberflächengewässer des französischen Teils des Maaseinzugsgebiets (Quelle: SDAGE Rhin-Meuse)

Diese kritischen Abflüsse dienen als Leitfaden für die Departement übergreifenden Rahmenerlasse für die Dürrebewirtschaftung, die die Zuflüsse dieser Gewässer ausführlicher berücksichtigen. Diese Erlasse legen insbesondere einen Katalog von Beschränkungsmaßnahmen für die Wassernutzungen fest, die der Präfekt bei Dürreepisoden gestaffelt umsetzt.

2.2.2. In Wallonien

In Wallonien wird der Transportfunktion der Wasserwege die Priorität gegeben. Man findet Sonderregelungen bei den Betriebsgenehmigungen bestimmter Industrien, die ihre Aktivitäten unter bestimmten Umständen einschränken bzw. stilllegen müssen.

Der am 15. Dezember 2018 verabschiedete Erlass über die Bewirtschaftung der nicht schiffbaren Fließgewässer ermöglicht die Aufhebung bestimmter Tätigkeiten in Niedrigwasserperioden, wie beispielsweise bestimmte Oberflächenwasserentnahmen.

Eine Studie ermöglichte es herauszufinden, wie die Rechtsvorschriften über Umwelt und Wasser angepasst werden können, damit gesetzliche Hebel für die Bewältigung von Niedrigwassersituationen verfügbar sind.

2.2.3. In Flandern

Im Zusammenhang mit dem reaktiven Teil des Bewirtschaftungsplans für Wassermangelsituationen und Dürrerisiken wurde ein Szenario entwickelt, um den Rahmen zu beschreiben, in dem der Informationsaustausch zwischen den einzelnen Parteien sowie die Koordinierung der Maßnahmen sowie der Kommunikation bei Wassermangel und Dürre erfolgen.

So gibt es in Flandern in der Erwartung eines für den Frühling 2021 geplanten endgültigen Rahmens derzeit einen vorläufigen Rahmen für die Gewichtung der prioritären Wassernutzungen.

2018 wurde auch die Dürrekommission ins Leben gerufen, deren Aufgabe darin besteht, die Koordinierung in Flandern während der Wassermangel- und Dürreperioden sicherzustellen und geeignete Maßnahmen zu empfehlen.

Die bei Wassermangel und Dürre umzusetzende proaktive Politik betreffend wurde ein flämischer Plan für Wassermangel und Dürrerisiken erstellt und in die dritte Generation der Bewirtschaftungspläne für das Einzugsgebiet aufgenommen.

Im Dekret über die integrierte Wasserpolitik ist außerdem vorgesehen, dass Ziele für das Wasserdargebot gesetzt und das gute Wasserdargebot der Oberflächengewässer erreicht werden.

2.2.4. In den Niederlanden

In den Niederlanden bestimmt die nationale Vorrangliste, wie das verfügbare Wasser in Wassermangelzeiten verteilt wird (Tabelle 1). Die Vorrangliste gibt an, mit welcher Priorität die verschiedenen Wassernutzerkategorien (zum Beispiel Landwirtschaft, Natur, Schifffahrt und Trinkwasser) Wasser erhalten, und bildet somit die Grundlage, auf der Beschlüsse über die Wasserverteilung in Wassermangelzeiten gefasst werden. Diese Vorrangliste wurde für das niederländische Maaseinzugsgebiet weiter regional ausgearbeitet. Die Vorrangliste kennt vier Kategorien von Wassernutzern: Innerhalb der Kategorien 1 und 2 besteht eine feste Prioritätenrangfolge, innerhalb der Kategorien 3 und 4 findet eine wechselseitige Prioritätenbestimmung auf Grundlage der Minimierung des wirtschaftlichen und

gesellschaftlichen Schadens statt. Den Nutzern mit der geringsten Priorität wird das Wasserrecht als erstes gekürzt; sie müssen selbst Maßnahmen ergreifen. Der Maasabflussvertrag (vgl. 9.2.2) hat Vorrang vor der Vorrangliste.

Die Vorrangliste dient den Bewirtschaftern als Leitlinie. Es besteht immer noch Raum für eine nähere Abwägung aufgrund gebietsspezifischer Merkmale, Risiken, Schäden und Nutzen. In der Praxis wird nach diesen Kriterien abgewogen, so dass mögliche Betroffenheiten so gerecht wie möglich aufgeteilt werden.

Tabelle 1: Vorrangliste für das niederländische Maaseinzugsgebiet

Kategorie 1: **Sicherheit & Vermeidung irreversibler Schäden**	**Kategorie 2:** **Versorgungs-leistungen**	**Kategorie 3:** **Begrenzte hochwertige Nutzungen**	**Kategorie 4:** **Sonstige Belange**
1. Stabilität der Hochwasser-schutzanlagen durch Kontrolle der Wasserstände 2. Schutz der verbliebenen Hochmoore durch Erhalt des Wasserstandes in den Pufferstreifen	1.Trinkwasserversorgung 2. Energieversorgung	• Zeitweilige Beregnung kapitalintensiver Pflanzen • Brauchwasser in der Industrie • Erneuerung inner-städtischer Gewässer	1. Gewässerökologie und Wasserqualität • Mindestabfluss in Fließgewässern mit hohem ökologischen Wert • Bekämpfung von Botulismus und Blaualgen bei erheblichen Risiken • Mindestabfluss bei Fischpässen (während der Zeit der Fischwanderung) 2. Andere Belange: • Schifffahrt (einschließlich Freizeitschifffahrt) • Landwirtschaft (ohne Grünlandberegnung) • Terrestrische Natur (sofern keine irreversiblen Schäden) • Kühlwasser für die Industrie • Sonstige aquatische Natur
vorrangig →	vorrangig →	vorrangig →	

2.2.5. In Deutschland

Die Wasserverteilung unterliegt in Deutschland den allgemeinen Bewirtschaftungsgrundsätzen. Dabei bedürfen Gewässerbenutzungen wie das Entnehmen und Ableiten von Wasser aus oberirdischen Gewässern oder das Aufstauen und Absenken von oberirdischen Gewässern einer wasserrechtlichen Zulassung (Erlaubnis oder Bewilligung). In dem Zulassungsverfahren werden im Rahmen der allgemeinen Bewirtschaftungsgrundsätze Regelungen zur schadfreien Benutzung des Wassers getroffen. Dabei spielen neben dem reinen Dargebotsnachweis auch Fragen der Auswirkungen auf „Dritte“ eine Rolle (Beeinflussung anderer Entnahmen und Nutzungsansprüche und Wasserrechte, Beeinflussung von Natur und Landschaft, Schutzgebiete, besonders geschützte Arten, Boden-/Baudenkmale etc.) Der Antragsteller ist dabei verpflichtet, die entsprechenden Nachweise zu erbringen.

2.2.6. In Luxemburg

In Luxemburg erfordert jede Entnahme und Einleitung von Wasser aus/in Oberflächengewässer eine wasserrechtliche Genehmigung. Hierbei wird besonders darauf geachtet, dass es durch die Menge an Wasser, welche entnommen oder eingeleitet wird, nicht zu einer Verschlechterung des Gewässers kommt.

In Trocken- und Niedrigwasserperioden wird ein generelles Verbot der Wasserentnahme an Gewässern ausgesprochen. Somit sind in diesen Zeiten alle per Genehmigung erlaubten Wasserentnahmen untersagt.

Darüber hinaus beteiligt sich Luxemburg am Niedrigwassermonitoring der IKSMS.

2.3 Zusammenfassung

Das Krisenmanagement bei Niedrigwasser kann die Umsetzung von Maßnahmen wie die Beschränkung oder Einstellung von Nutzungen (Wasserentnahmen, Einleitungen, Kühlung der Wärmekraftwerke, Wasserkraftgewinnung usw.) aufgrund der von Land/Region zu Land /Region unterschiedlichen rechtlichen Bestimmungen bewirken. Dies liegt allein in der Zuständigkeit der betreffenden Länder und/oder Regionen, auch wenn bestimmte Nutzungen Gegenstand multilateraler Vereinbarungen sind (s. Kap. 9.2).

Der Umgang mit Niedrigwassersituationen ist im Maaseinzugsgebiet von Land zu Land unterschiedlich geregelt:

- das Wasserdargebot, die Wassernutzung sowie die Funktionen dieser Nutzung sind je nach Land unterschiedlich, was zu Unterschieden in der nationalen Regelung führt,
- die kritischen Abflussschwellenwerte hängen von der Nutzungsfunktion ab und können folglich unterschiedlich sein.

Neben den Abflüssen spielen die Überlegungen im Zusammenhang mit der Qualität der Oberflächengewässer auf dieser Ebene auch eine Rolle.

Maßnahmen für die quantitative Bewirtschaftung der Oberflächengewässer können auch erforderlich sein, um die von der WRRL festgelegten Umweltziele bei bestimmten Oberflächenwasserkörpern zu erreichen, insbesondere, wenn die mit den menschlichen Tätigkeiten verbundenen Entnahmen als möglicherweise einer für die Verschlechterung des ökologischen Zustands der aquatischen Umwelt verantwortlichen Faktoren ermittelt werden.

Ziel des Maasübereinkommens als Fundament der IMK ist es, eine nachhaltige und integrierte Gewässerbewirtschaftung in der internationalen Flussgebietseinheit der Maas sicherzustellen. Eingebunden in dieses Konzept sind sowohl die Gewässergüte über die WRRL als auch Hochwasser über die HWRM-RL, aber ebenfalls Dürren und Niedrigwasser. Die Wassernutzung bei einem Niedrigwasserereignis kann eine Auswirkung auf die Nutzungsfunktionen haben, wie z.B. die Schifffahrt und das Trinkwasser, aber selbstverständlich auch auf die Umweltziele der WRRL. Daher ist es wichtig, in Erfahrung zu bringen:

- ob die zunehmende Verringerung der Niedrigwasserabflüsse oder die Änderung des Abflussregimes (unter anderem die Abflussschwankungen) - verursacht durch die mit

menschlichen Tätigkeiten verbundenen Entnahmen/die Bewirtschaftung - für die negativen Auswirkungen verantwortlich sind,

- ob eine Koordinierung der von den betroffenen zuständigen Behörden geplanten Maßnahmen im Zusammenhang mit einer bilateralen quantitativen Bewirtschaftung (beziehungsweise multilateralen) notwendig oder zweckdienlich für die Behebung dieser negativen Auswirkungen ist (Abbildung 3).

Dieser Ansatz ist Gegenstand von Kapitel 9.1.1.

Wie im Übrigen in Kapitel 2.1.2 erläutert, kann das Auftreten eines außergewöhnlichen Niedrigwasserereignisses die technische Wirksamkeit der im Rahmen der Maßnahmenprogramme der Mitgliedstaaten durchgeführten Maßnahmen signifikant verringern und die Erreichung der Umweltziele bei bestimmten Oberflächenwasserkörpern gefährden.

Zwar hat die WRRL das Auftreten eines solchen Falles im Rahmen der in Artikel 4 Absatz 6 vorgesehenen Ausnahmeregelung berücksichtigt, aber die Inanspruchnahme dieser Bestimmung ist von der Umsetzung zusätzlicher vorübergehenden Maßnahmen zur weitestgehenden Reduzierung der negativen Auswirkungen auf den Zustand der Oberflächenwasserkörper abhängig.

3. Zuvor durchgeführte Arbeiten

Wie in der Einführung erläutert, hat die AG „Hydrologie/Hochwasser“ der IMK im Jahr 2012 mit dem zusammenfassenden Bericht eine erste Analyse der extremen Niedrigwasserereignisse und der daraus entstehenden Wassermangelsituationen im Maaseinzugsgebiet vorgenommen.

Dürre versteht sich als ein längerer Zeitraum ohne Niederschlag. Dürre ist ein Phänomen, das je nach Dauer drei Arten von Auswirkungen haben kann:

- In einer 1. Phase: Wassermangel in den Böden, der die landwirtschaftlichen Aktivitäten beeinträchtigen kann.
- In einer 2. Phase: Abflussverringerung in den Gewässern (= Niedrigwasser).
- In einer 3. Phase: Verringerung der Grundwasserressourcen.

Der Bericht von 2012 gibt einen Überblick über die bestehende Situation in den verschiedenen Teilen des Einzugsgebiets im Hinblick auf:

- die internationalen Übereinkommen über die Wasserverteilung im Maaseinzugsgebiet,
- die etwaigen Vorrangregeln für die Wassernutzungen in einer Niedrigwasserperiode,
- die Stauseen und ihre Funktion bei Niedrigwasser,
- die Maßnahmen, die in einer Niedrigwasserperiode verabschiedet werden können (beispielsweise Entnahmeverbote, angepasstes Management der Wehre/Stauseen)
- die für das Niedrigwassermonitoring durchgeführten Messungen (z.B. die Abflüsse, die Wasserstände, der Gehalt an gelöstem Sauerstoff, die Temperatur),
- die für die Vorhersage der Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse verwendeten hydrologischen Modelle,
- eine Bestandsaufnahme der Probleme im Zusammenhang mit Niedrigwasser.

4. Hydrologie der Maas

(Auszug aus « Gouttes de pluies, flux de Meuse. Une gestion transnationale de l'eau par temps sec et humide » von Marcel De Wit, 2008) [04]

„Wasser bewegt sich in einem Kreislauf. Es verdunstet von der Erdoberfläche, wird über die Luft transportiert, kondensiert in Form von Wolkenbildung und gelangt schließlich in Form von Niederschlägen auf die Erdoberfläche zurück, und anschließend wiederholt sich der Zyklus. Die Sonne liefert die notwendige Energie, damit die Funktionsweise dieses **hydrologischen Kreislaufs** sichergestellt wird" (Abbildung 4).

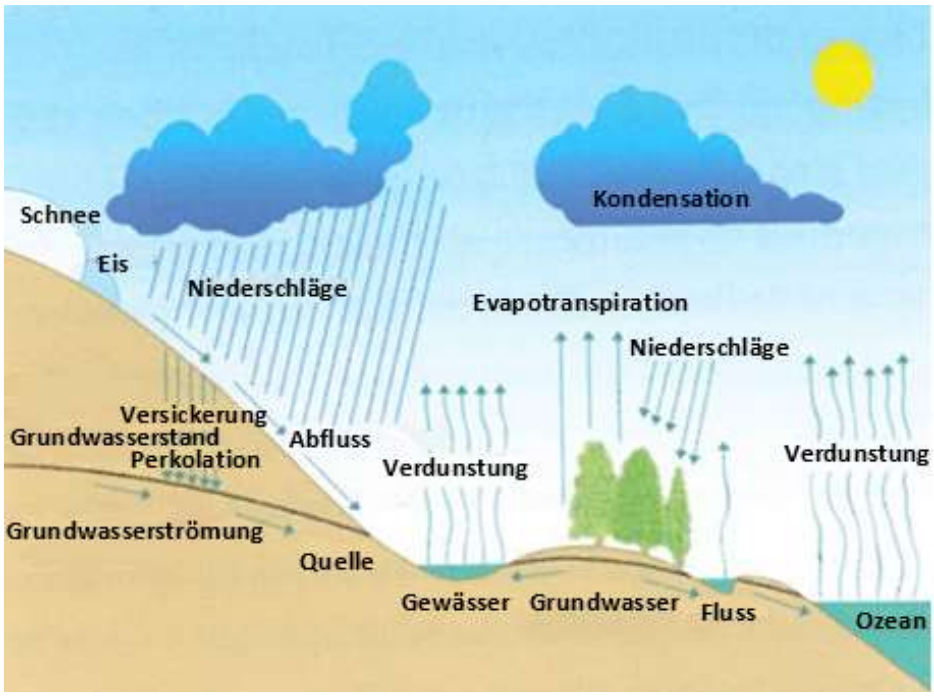


Abbildung 4: Wasserkreislauf [04]

„Durchschnittlich gehen jährlich 30 km³ Wasser in Form von Niederschlägen im Maaseinzugsgebiet nieder. Von diesen 30 km³ erreichen zwölf das Meer. Der verbleibende Teil, d.h. 18 km³, verdunstet" (Abbildung 5).

„Die im Einzugsgebiet der Maas vorhandene Gesamtwassermenge ist sehr viel größer und kann nur annähernd geschätzt werden. Stützt man sich auf die Volumina und auf die durchschnittlichen Rückhaltezeiten des Wassers im globalen Wasserkreislauf, so liegt das Gesamtwasservolumen im Maaseinzugsgebiet bei etwa 500 km³ (hier geht es um Grundwasser).

Abbildung 6 unten stellt den relativen Beitrag des Oberlaufs der Maas und ihrer Nebenflüsse zum Abfluss am Austritt des Einzugsgebiets dar. Sie zeigt, dass ein Teil des Abflusses (14%) aus dem obersten Teil des Einzugsgebiets stammt (französischer Teil)."

Abbildung 5: Ungefähre Wasserbilanz des Maaseinzugsgebiets pro Jahr (km^3) [(04)]

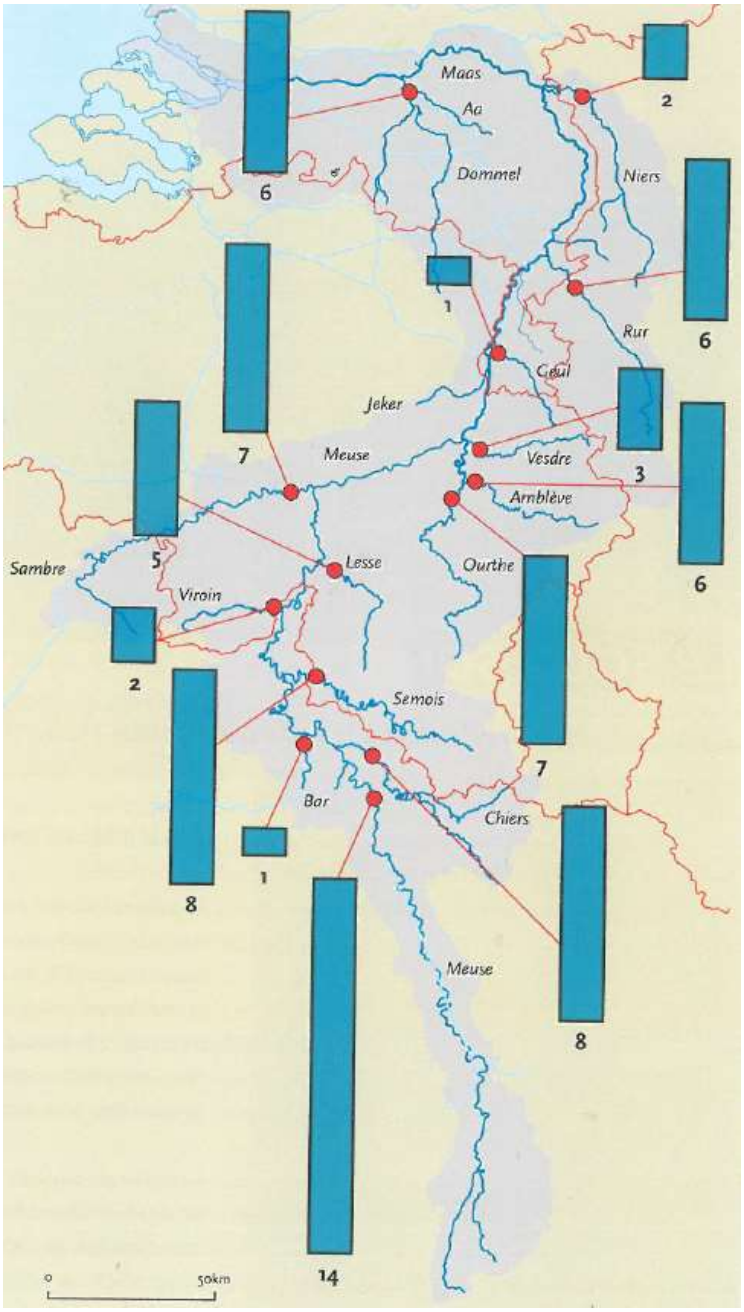


Abbildung 6: Relativer Abflussbeitrag (Prozentsatz) des Oberlaufs der Maas und ihrer Nebengewässer an der Mündung des Einzugsgebiets [(04)]

„Man stelle sich vor, dass die 12 km³ Niederschlagswasser ideal verteilt über das Jahr in die Maas ablaufen. Jeden Monat ein Kubikkilometer bzw. eintausend Milliarden Liter Wasser. Eine ausreichende Wassermenge wäre dann verfügbar und es käme zu keinen heiklen Situationen in Verbindung mit Wasser. Dann aber würde die Maas zu einem langweiligen und künstlichen Fluss. Jeder Fluss der Erde unterliegt saisonal bedingten Abflussschwankungen. Diese saisonalen Schwankungen werden als **Abflussregime** des Flusses bezeichnet (Abbildung 7) und das Klima stellt hierfür den wichtigsten ausschlaggebenden Faktor dar."

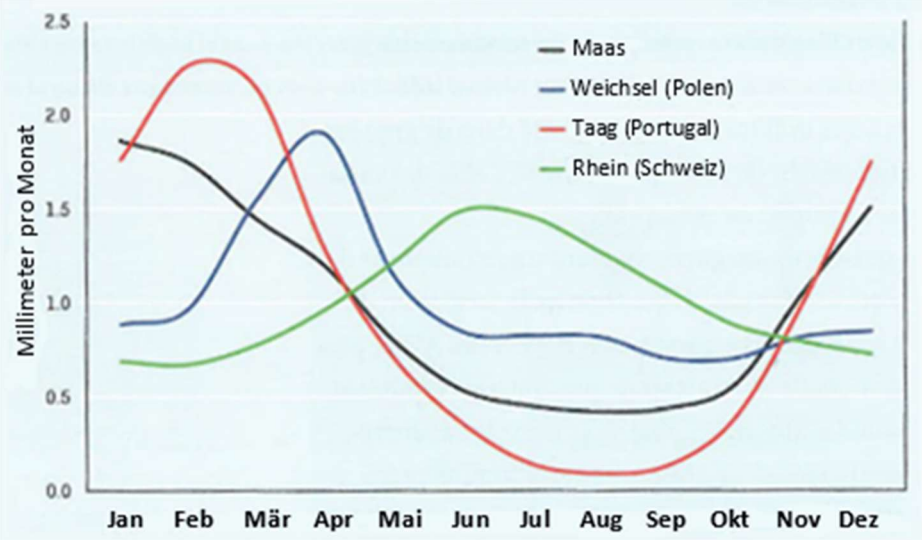


Abbildung 7: Abflussverhalten der Maas und dreier europäischer Flüsse [04]

„Die Fließgewässer im Maas-Einzugsgebiet sind ausnahmslos durch ein pluviales **Abflussregime (vom Regen dominiertes Abflussregime)** gekennzeichnet. Die mittleren Abflüsse erreichen ihr Maximum im Winter oder im Frühjahr sowie ihren Tiefstand im August und September, ja sogar Oktober.

Die Niederschläge im Maaseinzugsgebiet fallen über die Jahreszeiten verteilt. Jedoch ist der im Winter verzeichnete Abfluss höher als im Sommer. Um das Abflussregime der Maas zu erklären, muss man die Verdunstung berücksichtigen, die im Winter gering und im Sommer hoch ist. Im Maaseinzugsgebiet kann die Verdunstung an einem heißen, sonnigen und windigen Sommertag bis zu sieben Millimeter pro Tag betragen. Diese Menge ist mehr oder weniger äquivalent mit der durchschnittlich im gesamten Monat Januar verzeichneten Verdunstungsmenge.

In der Folge treten ein Niederschlagsüberschuss im Winter und ein Niederschlagsdefizit im Sommer ein. In einem durch einen Niederschlagsüberschuss gekennzeichneten Zeitraum ist der Boden mit Wasser gesättigt (Speicherung). In einem durch ein Niederschlagsdefizit gekennzeichneten Zeitraum entziehen die Pflanzen dem Boden regelrecht sein Wasser, indem sie es aufsaugen.

Allerdings fließt auch das Wasser während der Sommermonate, in denen die verdunstende Wassermenge größer ist als die Niederschlagsmenge, Wasser in die Maas. Dieser Abfluss wird als **Basisabfluss** des Flusses bezeichnet. Er stammt aus dem vorstehend erwähnten Grundwasserreservoir, das sehr viel mehr Wasser enthält (annähernd 500 km³) als die Wassermenge, die durch jährliche Niederschläge (30 km³) niedergeht und die den Fluss speist, selbst dann, wenn es nicht regnet. Der Untergrund kann als ein Puffer zwischen den Niederschlägen und dem Abfluss des Flusses betrachtet werden. Dieser Puffer überträgt das Signal der Niederschläge verlangsamt und abgeschwächt als Schwankungen in diesem Abfluss (Abbildungen 8 und 9)."

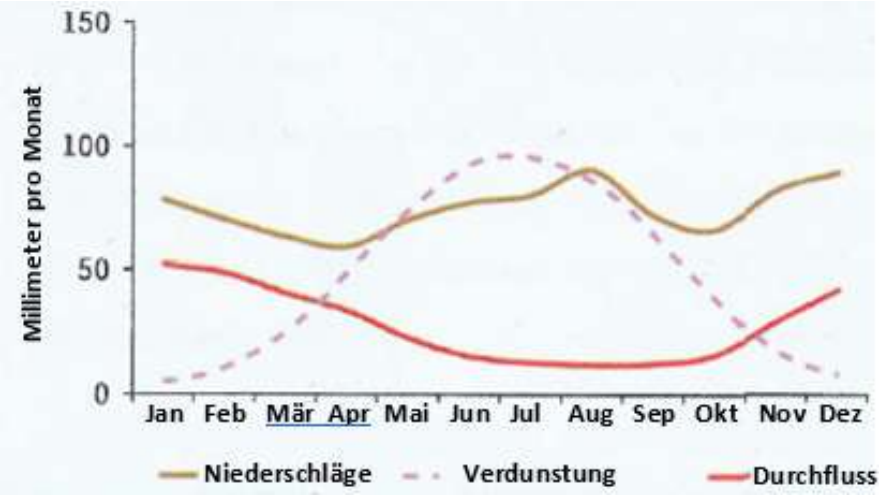


Abbildung 8: Wassermenge, die als Niederschläge niedergeht, verdunstet und monatlich im Maaseinzugsgebiet transportiert wird (04)

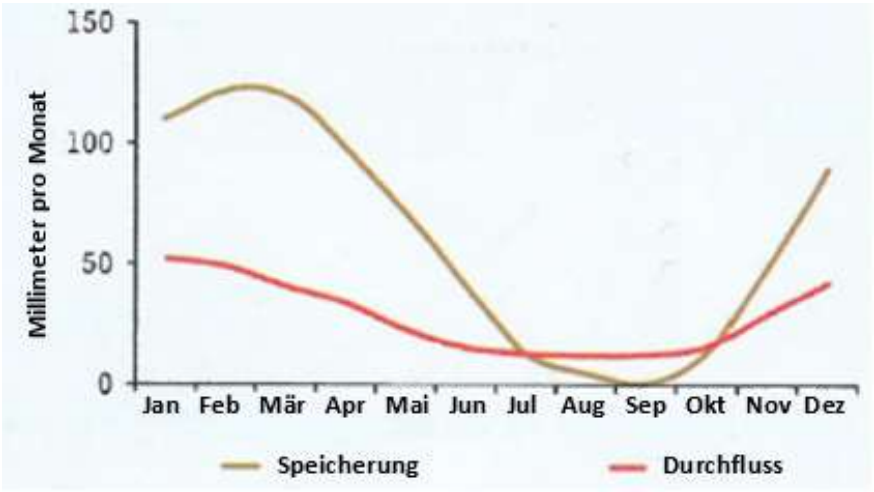


Abbildung 9: Wassermenge (mm), die im Boden gespeichert wird (Speicherung), bezogen auf den Monat September (0 mm) (04)

„Der Einfluss des Menschen auf die globale Wasserbilanz der Maas ist begrenzt. Der Niederschlagsüberschuss und das Abflussvolumen werden im Wesentlichen klimatisch bestimmt. Der Mensch übt keinerlei Einfluss auf die Niederschlagsmenge aus und hat über die Bodennutzung nur einen begrenzten Einfluss auf die Verdunstung. Der Einfluss der Gewässerbewirtschaftung auf das Abflussregime der Maas wird erst deutlich, wenn wir Zeit und Raum reduzieren. Die menschlichen Eingriffe wie Drainage, Bewässerung, Ausbau der Staubecken, die Verlegung des Flussverlaufs, etc. führen dazu, dass das Wasser an einen anderen Ort fließt und mit einer anderen Geschwindigkeit. Auf das gesamte Jahr gesehenmacht das nur einen geringen oder gar keinen Unterschied für die gesamte Wasserbilanz im Einzugsgebiet. Allerdings kann es sich örtlich just um den Tropfen Wasser handeln, der in einer Niedrigwasserperiode fehlt (Abbildungen 10, 11, 12 und Tabelle 2).“

Übersicht über die wichtigsten Anpassungen der Maas, ihrer Zuflüsse und ihrer Kanäle	
1808-1810	Ausbau des Nord-Kanals
1822-1826	Ausbau des Zuid-Willemsvaart
1824-1828	Kanalisierung der Sambre, 22 Schleusen (Teil des Kanals Charleroi–Brüssel)
1826-1835	Kanalisierung der französischen Sambre
1827-1830	Voorne-Putte-Kanal (Verkehrsanbindung von Rotterdam)
1835	Ausbau des Ardennenkanals
1837-1845	Fahrtiefe an der Maas zwischen der französischen Grenze und Sedan-Verdun 1,10 Meter
1837-1853	Ausbau des Rhein-Marne-Kanals
1838	Belgische Maas : Treidelpfad, Verstärkung der Dämme und 1,50 Meter Tiefgang
1843-1846	Ausbau der Kempener Kanäle
1853-1880	Kanalisierung der belgischen Maas: 23 Schleusen, 2,20 Meter Tiefgang
1863	Anpassung des Auslassaquädukts in Richtung der Kempener Kanäle
1864-1884	Neue Merwede
1874	Maas-Kanal. Teilweise kanalisierte Maas und zum Teil Parallelkanal : 59 Schleusen, 1,80 Meter Tiefgang
1875	Buhnenausbau, Ausbau von Längsdeichen in der Maas
1878	Gileppe-Talsperre. Eines der ältesten Staubecken in Europa, eröffnet von Leopold II
1884-1904	Ausbau der Bergschen Maas
1915-1929	Verbesserung der Maas in den Niederlanden: Linne-Grave, 2,80 Meter Tiefgang, 5 Staustufen
1923-1940	Modernisierung der belgischen Maas: 3,00 Meter Tiefgang mit 15 Schleusen, Eliminierung von kleinen Inseln
1923	Ausbau des Wilhelminakanals
1927	Ausbau des Maas-Waal-Kanals
1928	Vergrößerung der Kempener Kanäle
1930-1935	Ausbau des Julianakanals, 3 Schleusen
1930-1945	Ausbau des Albertkanals
1931-1942	Kanalisierung der Maas: Grave-Heerewaarden, Begradigung des Gewässers sowie Erweiterung des Gewässerumfelds und Flussbettaufweitung
1939	Rurtalsperre. Eines der größten Staubecken Europas
1942	Schließung des Wehrs in Beers
1957-1989	Modernisierung der belgischen Maas: 5-8 Meter Tiefgang mit 6 Schleusen, Eliminierung von kleinen Inseln
1970	Ausbau des Seitenkanals
1980	Begradigung des Gewässers in Gennep-Boxmeer
2002	Schiffshebewerk von Strépy-Thieu, Zentrumskanal

Abbildung 10: Überblick über die wichtigsten Anpassungen, die in der Maas, ihren Nebengewässern und ihren Kanälen durchgeführt wurden. Gestützt auf Micha & Borlee (1989) sowie Berger & Mugie (1994) [04]

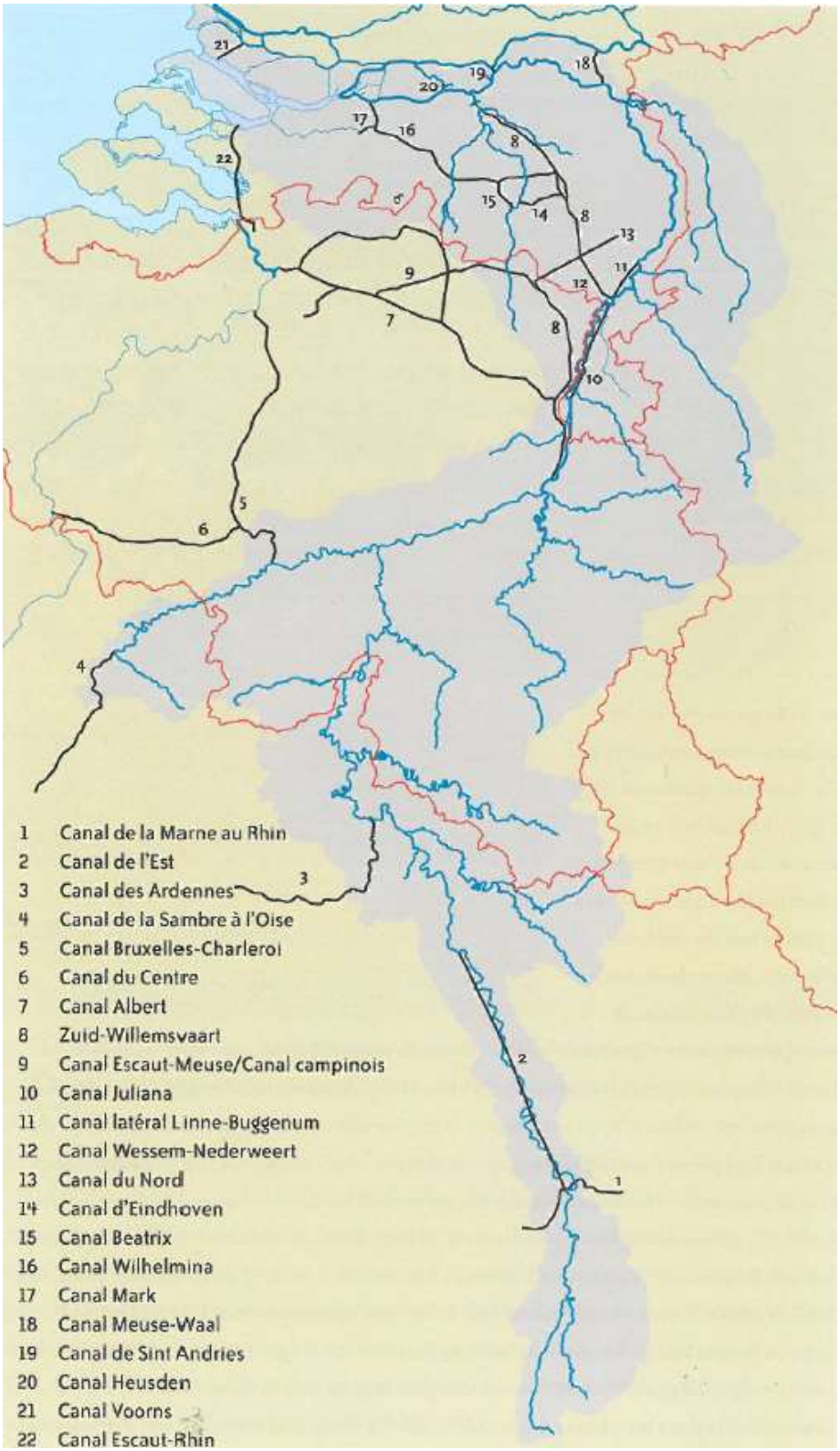


Abbildung 11: Kanäle im Maaseinzugsgebiet (04)

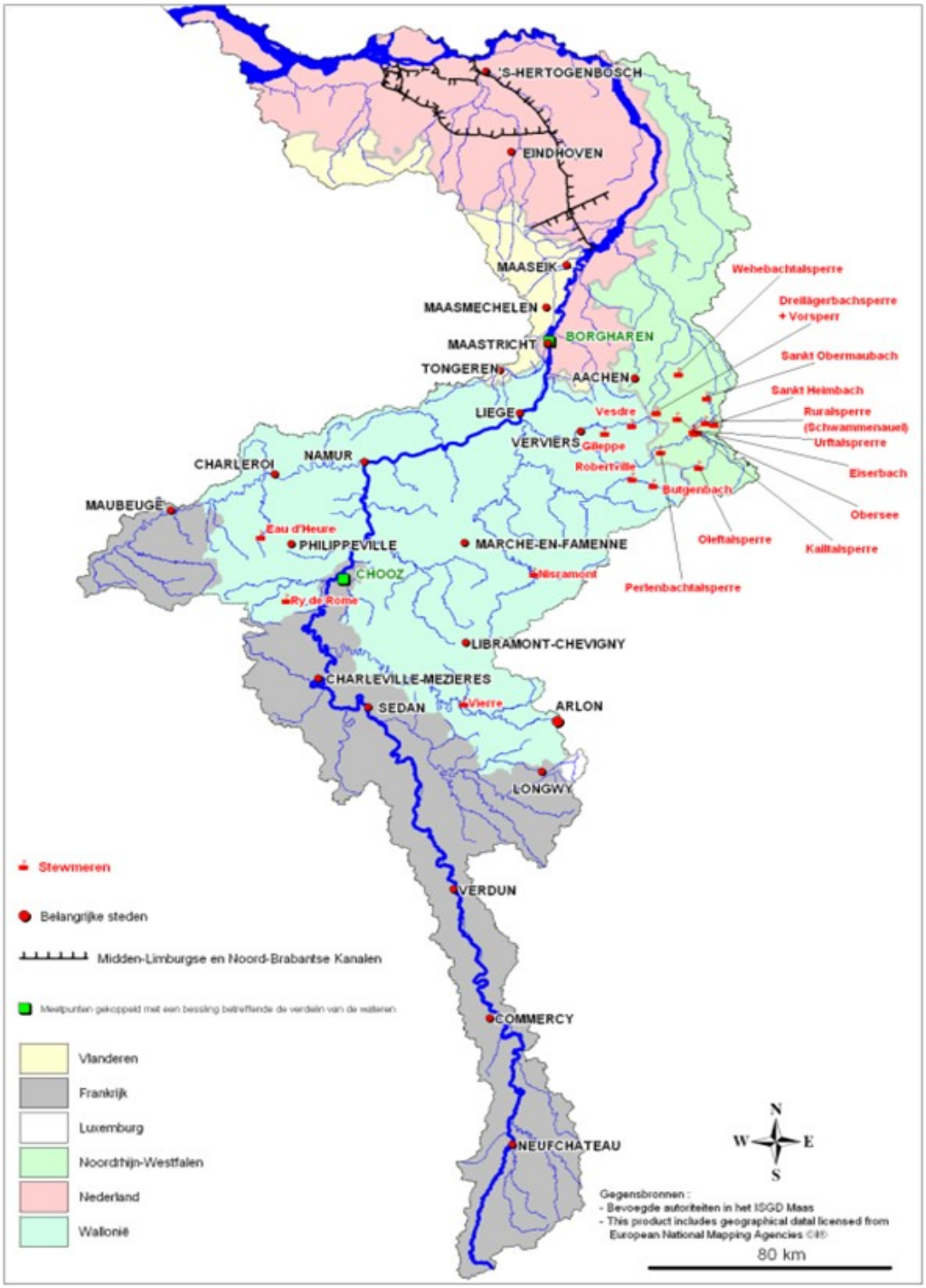


Abbildung 12: Wichtigste Talsperren im Maaseinzugsgebiet (Quelle: IMK - Synthesebericht 2012)

Tabelle 2: Merkmale der wichtigsten Talsperren des Maaseinzugsgebiets (Quelle: IMK - Synthesebericht 2012, nicht publiziert)

Talsperre	Gewässer	Stauinhalt (Moi. m^3)	Einzugsgebiet (km^2)
Gileppe-Talsperre	Gileppe	26,4	54
Wesertalsperre	Vesdre	25	105,95
Nisramont-Talsperre	Ourthe	3	740
Talsperre des Ry de Rome	Ry de Rome	2,2	10,1
Eau d'Heure-Talsperre	Eau d'Heure	14,75	79
Plate Taille-Talsperre	Plate Taille	67,8	7,6
Bütgenbach-Talsperre	Warche	11	72
Talsperre Robertville	Warche	7,7	118
La Vierre-Talsperre	La Vierre	1,3	242
Oleftalsperre	Olef	19,3	47,4
Urfttalsperre	Urft	45,5	373,9
Rurtalsperre	Rur	185	666,2
mit Vorsperre Eiserbach (>100.000 m^3, > 5m)	Rur	0,3	4,2
mit Vorsperre Obersee (>100.000 m^3, > 5m)	Rur	17,8	626,2
Stauanlage Heimbach	Rur	1,2	667,2
Stauanlage Obermaubach	Rur	1,7	792,7
Wehebachtalsperre	Wehebach	25,1	43,5
Dreilägerbachtalsperre	Dreilägerbach	3,7	21,7
mit Vorsperre (>100.000 m^3, > 5m)	Dreilägerbach	0,1	14,2
Kalltalsperre	Kallbach	2,1	28,8
Perlenbachtalsperre	Perlenbach	0,8	61,2

5. Natürliche Abflussverhältnisse

Der Einfluss der entnommenen oder eingeleiteten Wassermengen auf die Abflüsse der Maas wurde quantifiziert. Die historischen Abflüsse werden in so genannte natürliche Abflüsse umgewandelt.

Unter natürlichem Abfluss ist der Abfluss zu verstehen, der ohne Kanäle, Entnahmen, Einleitungen und Wasserspeicherung gemessen würde.

Anschließend erfolgt eine statistische Auswertung der an drei ausgewählten Messstationen, nämlich Chooz, Lüttich und Lith-Megen, gemessenen natürlichen Abflüsse, damit die statistischen Schwellenwerte festgelegt werden können.

5.1 Ergebnisse an der Messstation Chooz

Diese Studie wurde im Rahmen des Projekts „CHIMERE 21“ über die Entwicklung des Wasserhaushalts im 21. Jahrhundert durchgeführt.

Die Wiederherstellung natürlicher Abflussverhältnisse bedeutet die Identifizierung der Wasserentnahmen und Einleitungen mit potenziellem Einfluss auf die Tageswerte der Abflüsse an den zu modellierenden hydrologischen Stationen (Abbildung 13).

Es geht dabei um die Gewinnung von unbeeinflussten Zeitreihen von Tagesabflusswerten, die für die Einstellung der hydrologischen Modelle verwendet werden.

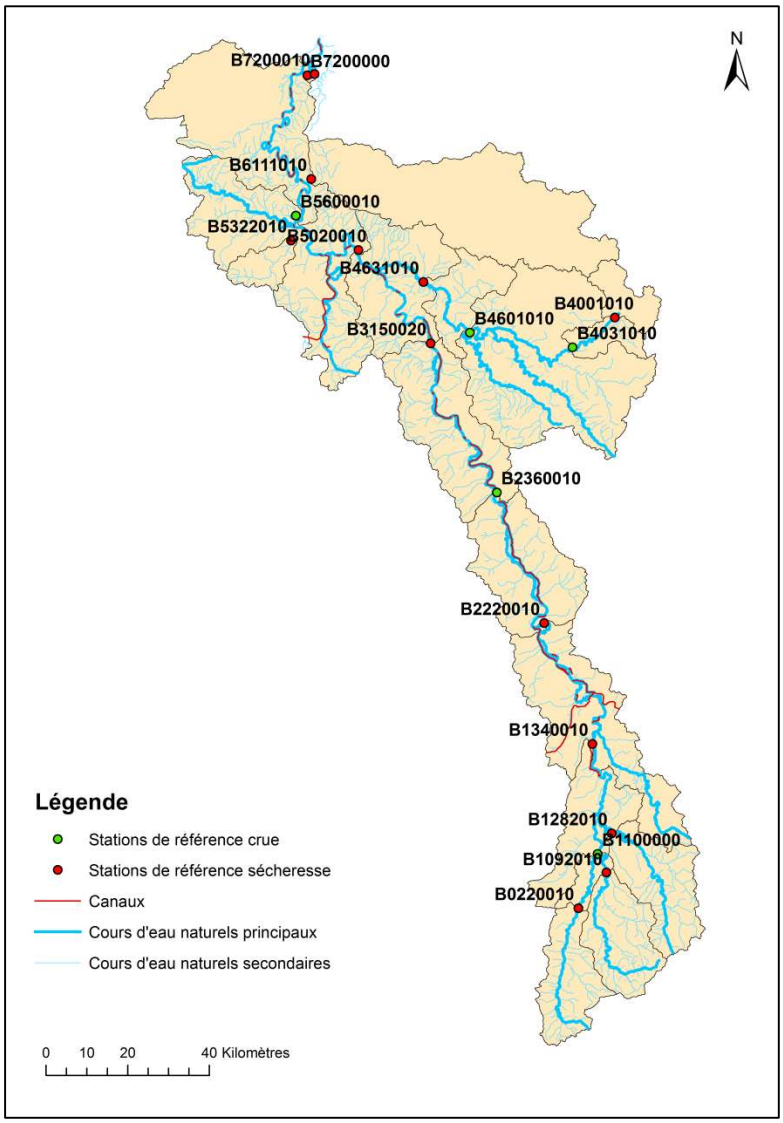


Abbildung 13: Karte der Messstationen des französischen Maaseinzugsgebiets

- **Einflüsse der Staudämme und Stauseen**

Im französischen Teil des Maaseinzugsgebiets sind keine großen Regulierungsbauwerke vorhanden.

Einige Staudämme befinden sich an den Nebengewässern der Maas:

- Staudamm an der Vierre, einem Nebengewässer der Semois, in Belgien (Kapazität von 1,5 hm³); Bewirtschaftung für die Stromerzeugung aus Wasserkraft;
- Wasserkraftanlage des Kraftwerks in Revin Saint Nicolas Les Mazures, am Faux (etwa 20 hm³ insgesamt).

Diese Staudämme werden dahingehend bewertet, dass sie in Niedrigwasserperioden keinen signifikanten Einfluss haben).

• **Einflüsse der Kanäle**

Drei vorhandene Kanäle (vgl. Abbildung 14):

- Maas-Kanal;
- Ardennenkanal;
- Rhein-Marne-Kanal.

Geringer Schiffsverkehr = 1 bis 10 Schiffe / Tag (T = 350 t max.)

Keine Daten verfügbar, mit Ausnahme der entnommenen Höchstmengen:

- in der Méholle in Void-Vacon Qmax = 0,75 m³/s (drei Pumpen à 0.25 m³/s)
- in der Maas in Troussey Qmax = 1 m^3/s

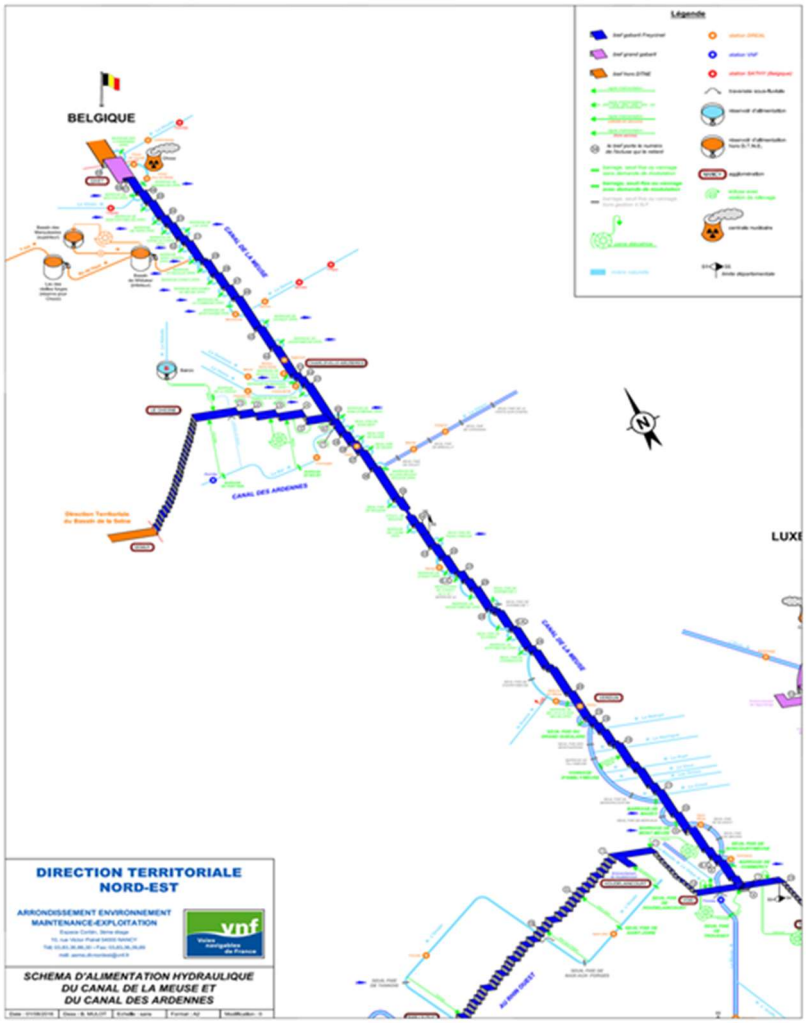


Abbildung 14: Schema der Wasserversorgung der Maas- und des Ardennenkanals

- **Einflüsse der Sümpfungen im Bergbau**

Im Maaseinzugsgebiet wurde im 19. und 20. Jahrhundert Bergbau betrieben (Abbildung 15).

Eine schrittweise Stilllegung der Bergwerke erfolgte von Mitte der 80er Jahre bis Ende der 90er Jahre (Abbildung 16).

Eine Rückkehr zur normalen Funktionsweise der Grundwasserleiter, flankiert von einer vorübergehenden Aufrechterhaltung der Sümpfungen an der Crusnes ist bis Mitte der 2000er Jahre zu beobachten.

Durchschnittswerte für die Regulierung von Niedrigwasser oder Sümpfungen an drei Fließgewässern: 0.1 m³/s an der Crusnes, 0.13 m³/s am Othain, 0.2 m³/s an der Moulaine.

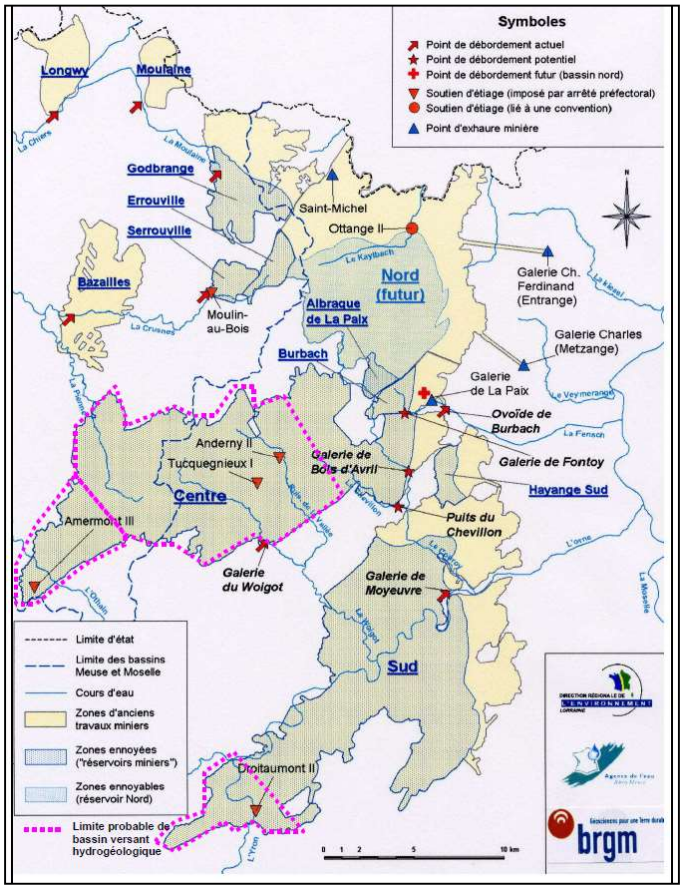


Abbildung 15: Karte der Sümpfungen im Nordosten Frankreichs

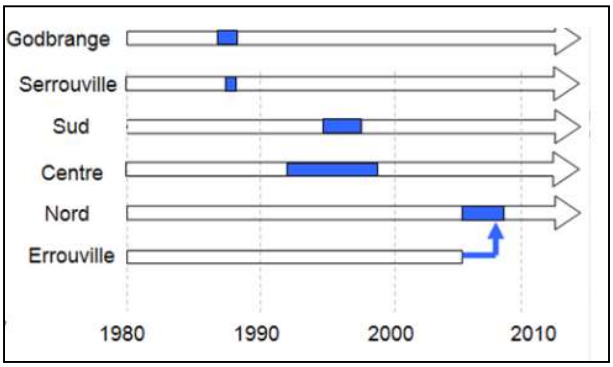


Abbildung 16: Zeitraum der Sümpfungen im Bergbau (in blau), je nach Gebiet (Zeiträume, während derer das Sickerwasser der Bergwerke abgepumpt und in das Oberflächengewässernetz eingeleitet wurde)

- **Einflüsse der Trinkwasserentnahmen und der Behandlungsanlagen für kommunales Abwasser (Tabelle 3)**

Tabelle 3: Liste der zu Trinkwasserzwecken bestimmten Entnahmen aus dem Fluss im französischen Maaseinzugsgebiet

INS - Name	UGE - Name	INS - mittlerer Abfluss (m3/T)	INS - mittlere Abfluss (m3/s)
PRISE D'EAU EN MEUSE	CHARLEVILLE-MEZIERES	90	0,001
LA HOUILLE - PRISE D'EAU	GIVET	1200	0,014
LA PILETTE RUISSEAU PAS FAUVIN	MONTHERME	80	0,001
RUISSEAU LA FAUGEE	MONTHERME	520	0,006
PRISE D'EAU LA SORMONNE	CHARLEVILLE-MEZIERES	4000	0,046
PRISE D'EAU DE MONTMEDY	C.D.C. DE L'AGGLOMERATION DE LONGWY	2000	0,023
PRISE D'EAU DU VAIR	SYNDICAT VRAINE ET XAINTOIS	20	0,000

- **Einflüsse der Industriebetriebe**

30 Industriestandorte sind untersucht worden (verfügbares Datenmaterial = jährlich entnommene und/oder eingeleitete Mengen (Tabelle 4).

Tabelle 4: Verbrauch der wichtigsten Industriestandorte des französischen Maaseinzugsgebiets von 2012 bis 2014

Industriestandorte	Verbrauch 2012 (m3/s)	Verbrauch 2013 (m3/s)	Verbrauch 2014 (m3/s)
LACTO SERUM France SA	-0,03936	-0,04318	0,04155
Fromagerie de l'ermitage	-0,02432	-0,02553	-0,02527
Fromagerie Henri Hutin	-0,01409	-0,0141	-0,01355
BG	-0,01201	-0,00879	-0,01033
Nestlé Waters Supply Est (Vittel)	-0,01185	-0,01545	-0,01162
SNC CANELIA ROUVROY POUDRE	-0,00642	-0,00681	-0,0074
Ineos Enterprises France SAS	-0,00337	-0,00415	-0,00459
Fours à Chaux de Sorcy	-0,00248	-0,00089	-0,0012
Union Laitière de la Meuse (ULM)	-0,00239	-0,00275	-0,00371
Carrières et Fours à Chaux de Dugny	-0,00225	-0,00213	-0,00243
SOLEVAL France - Charny sur Meuse	-0,00201	-0,00185	-0,00234
Centre de stockage des déchets d'Eteignières	-0,00147	-0,00113	-0,00137
FVM Technologies	-0,00144	-0,0013	-0,00142
ARCELOR MITTAL Commercy	-0,00102	-0,00209	-0,00214
SCORI EST	-0,00101	0,00000	-0,00087
HANON SYSTEMS CHARLEVILLE SAS	-0,00068	-0,00086	-0,00119
Etablissement de Cliron. Dit BRENNTAG ARDENNES	-0,00025	-0,0002	0,00000
Daum	-0,0001	-0,0033	-0,00213
ARCAVI-Chalandry-Elaire	-0,00008	-0,00008	-0,00007
SAS EUROVITA	-0,00005	-0,00017	-0,00008
ACTEGA Rhenacoat SAS	-0,00002	-0,00001	-0,00001
FAURECIA	-0,00001	-0,00001	-0,00005
ARCELORMITTAL Atlantique et Lorraine MOUZON	0,00000	-0,00157	-0,00098
GESTAMP PRISMA	0,00000	0,00000	-0,00003
Totaal	**-0,12668**	**-0,13635**	**-0,05123**

Die Entnahmen zu Trinkwasserzwecken, die Einleitung von Abwasser und der Wasserverbrauch der Industrie im französischen Maaseinzugsgebiet (ausgenommen das Kernkraftwerk Chooz) wirken sich in sehr geringem Umfang auf die Abflüsse in der Maas aus.

Grund dafür ist eine geringe Bevölkerungsdichte und eine sehr begrenzte Industrietätigkeit im hauptsächlich landwirtschaftlich genutzten (Beweidung) Einzugsgebiet.

Für das KKW Chooz (Kernkraftwerk) wird der tägliche Verbrauch ausgehend von den Verdunstungsdaten geschätzt, d.h. **zwischen 0,6 und 1,8 m³/s Verdunstung zwischen 2011 und 2015 (Abbildung 17).**

Seine Inbetriebnahme erfolgte 1996 (Chooz A) und 1997 (Chooz B).

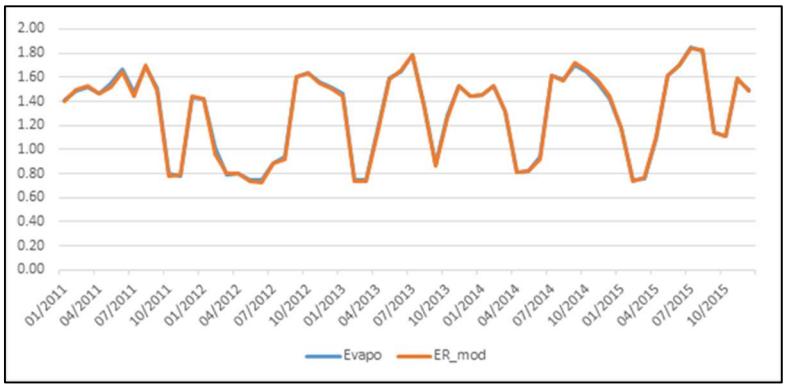


Abbildung 17: Über das Kraftwerk Chooz zwischen 2011 und 2015 (in m^3/s) verdunsteter mittlerer Monatsabfluss)

- **Lokalisierung der Einflüsse und der Messstationen (Abbildung 18)**

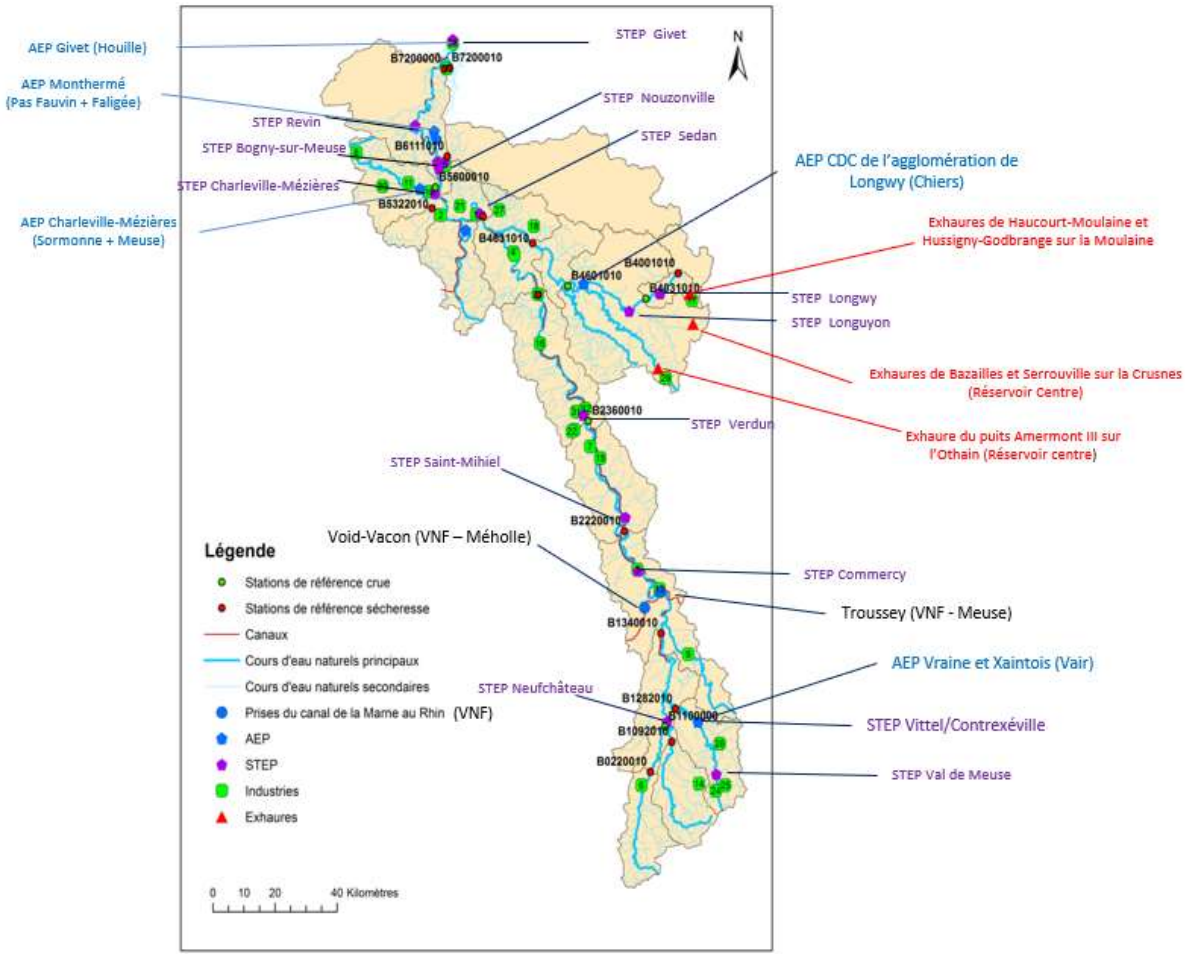


Abbildung 18: Karte der Einflüsse und der hydrologischen Stationen

- **Umgang mit den Einflüssen an den Messstationen (Abbildung 19)**

Für die Bewertung des Einflusses an den Messstationen werden folgende Hypothesen aufgestellt:

- gleichmäßige Verteilung der Jahresvolumina;
- Fließzeiten von unter einem Tag;
- arithmetische Summe der bekannten Einflüsse (Einleitungen (+) und Entnahmen (-));
- die Grundwasserentnahmen für die Trinkwassergewinnung werden als eine Wasserressource außerhalb des Einzugsgebiets gewertet;
- visuelle Analyse der Abflussganglinien.

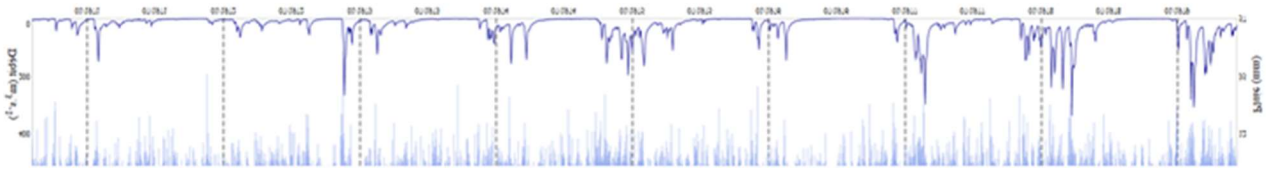


Abbildung 19: Maasabfluss bei Saint-Mihiel

- **Ergebnisse**

Die Informationen über die Einflüsse sind begrenzt (Zeitpunkt der Inbetriebnahme, Entwicklungen, Fehlen detaillierter Zeitreihen über den Bezugszeitraum).

Zahlreiche Stationen weisen sehr stark schwankende Niedrigwasserabflüsse auf (Eichkurven-Problem bei Niedrigwasser und/oder Problem des Einflusses von Wasserpflanzen auf die gemessenen Höhen).

Berechnungen in Chooz (1958-2016) (Tabelle 5)

Tabelle 5: Ergebnisse des gemessenen und des natürlichen NM7Q an der Station in Chooz

CHOOZ	Gemessen NM7Q	Natürlicher NM7Q
NM7Q (T=2 j)	27,30 m^3/s	27,39 m^3/s
NM7Q (T=5 j)	17,06 m^3/s	17,10 m^3/s
NM7Q (T=10 j)	13,34 m^3/s	13,37 m^3/s
NM7Q (T=20 j)	10,89 m^3/s	10,92 m^3/s
NM7Q (T=50 j)	8,67 m^3/s	8,68 m^3/s

Es ist darauf hinzuweisen, dass von 1956 bis 2004 die für die Berechnung verwendeten natürlichen Abflüsse diejenigen der unterhalb des Kernkraftwerks Chooz gelegenen Messstation Chooz-Ile-de-Graviat waren.

Nach 2004 werden für die Berechnung die Abflüsse der Messstation Chooz-Trou-Du-Diable genutzt, die unterhalb des Kraftwerks liegt (Abbildung 20) und errichtet wurde, um die Messungen zuverlässiger, d.h. vor der Beeinflussung durch das Kraftwerk, zu gestalten.

Die Auswirkungen der Entnahmen des Kraftwerks (vgl. Abbildung 17) bei der Berechnung der natürlichen Abflüsse wird also ab 1996 (Inbetriebnahme des Kraftwerks) bis 2004 (Änderung der Messstation) berücksichtigt, d.h. sieben Jahre lang über eine Messreihe von mehr als 50 Jahren, was die geringen Einflüsse erklärt, die bei den natürlichen NM7Q beobachtet wurden.

Fazit:

Das französische Maaseinzugsgebiet ist im Wesentlichen ländlich geprägt. Es erfolgen dort stromaufwärts des Kernkraftwerks Chooz nur geringe Wasserentnahmen. Dies erklärt die geringen Unterschiede zwischen den an der Station Chooz gemessenen Abflüssen und den natürlichen Abflüssen. Die Hauptentnahme aus der Maas in Frankreich erfolgt am Kernkraftwerk Chooz.

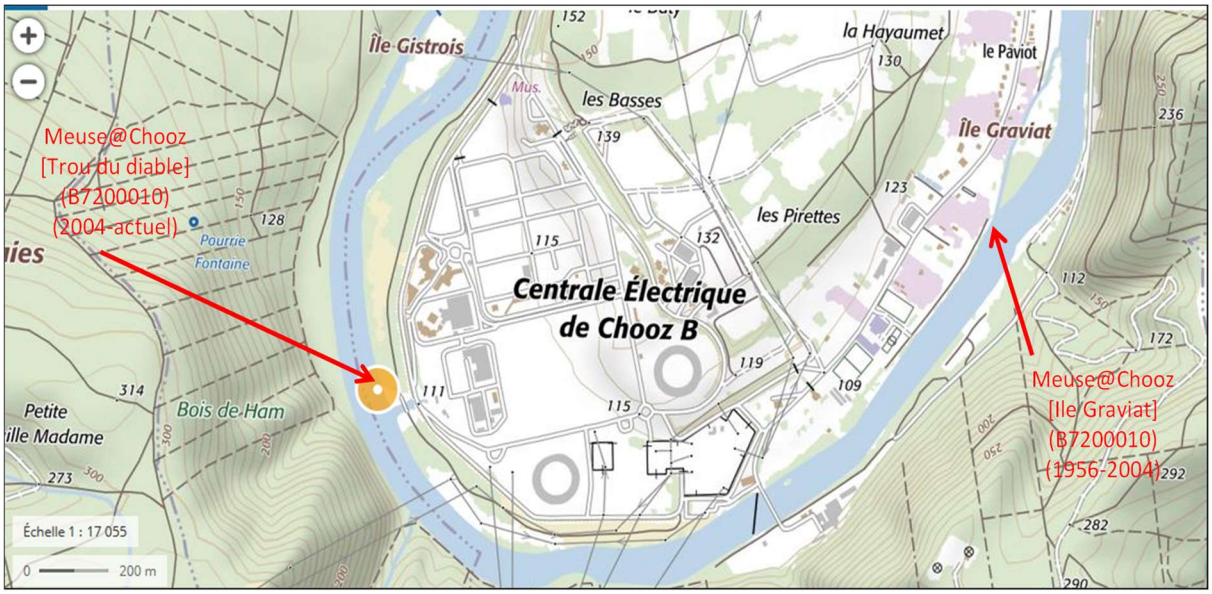


Abbildung 20: Positionsbestimmung der hydrologischen Messstellen von Chooz

5.2 Ergebnisse an der Messstation Lüttich

Die Wiederherstellung eines natürlichen Abflussregimes besteht in der Identifizierung der Wasserentnahmen und Einleitungen mit einem potenziellen Einfluss auf die Tagesabflüsse an einer gegebenen Messstelle.

Es geht darum, eine Zeitreihe der nicht beeinflussten Tagesabflüsse für die Berechnung der extremen Niedrigwasserabflüsse zu erhalten.

Verschiedene Einflüsse wurden bezüglich des Tagesabflusses der Maas in Lüttich beobachtet:

- Die Grundwasser-, Gruben- und Steinbruchwasser- sowie Oberflächenwasserentnahmen

- Die Entnahmen der Kernkraftwerke
- Die Wasserentnahmen durch Pumpbetrieb zur Speisung der Kanäle
- Die Talsperren

Methodik, die für die Wiederherstellung der natürlichen Tagesabflussreihe der Maas in Lüttich verwendet wurde.

Ausgangsdaten sind die natürlichen Tagesabflüsse der Maas in Chooz im Zeitraum von 01/01/2004 bis 31/07/2016, denen folgende Daten hinzugefügt wurden:

- Die Tagesabflüsse der Nebenflüsse (Houille, Hermeton, Lesse, Molignée, Bocq, Burnot, Sambre, Houyoux, Samson, Mehaigne, Hoyoux und Ourthe) unter Einhaltung eines Bezugs zum Einzugsgebiet.
- Die an den Grundwasserentnahmestellen entnommenen Tagesabflüsse im Einzugsgebiet des Bocq, des Hoyoux, des Orneau und der Maas.
- Die an den Gruben-/Steinbruchwasser- (Vedrin und Ligny) und Oberflächenentnahmestellen (Wasser zur Trinkwasseraufbereitung in Tailfer) entnommenen Tagesabflüsse.
- Tageskonstanten entsprechend den Entnahmen der Kernkraftwerke in Chooz und Tihange
- Die tägliche Entnahmen aus der Sambre durch Pumpbetrieb, um den Kanal Charleroi–Brüssel zu speisen.
- Die Differenz zwischen den an den Talsperren zurückgehaltenen Tagesabflüssen und den freigegebenen Tagesablässen: Ry de Rome, Eau d'Heure, Weser, Vierre*, Gileppe*, Warche* und Ourthe* (* noch in Arbeit))

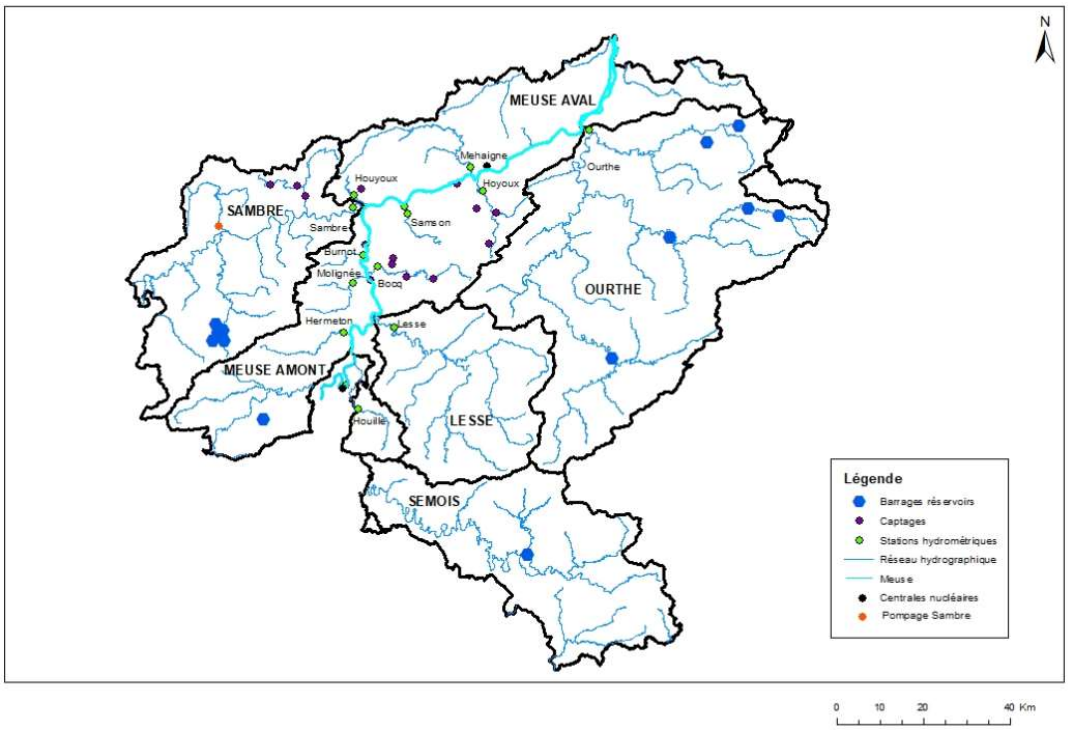


Abbildung 21: IFGE Maas – wallonischer Teil - Natürliche Abflussverhältnisse der Maas

Erste Ergebnisse (Abbildungen 22 bis 24)

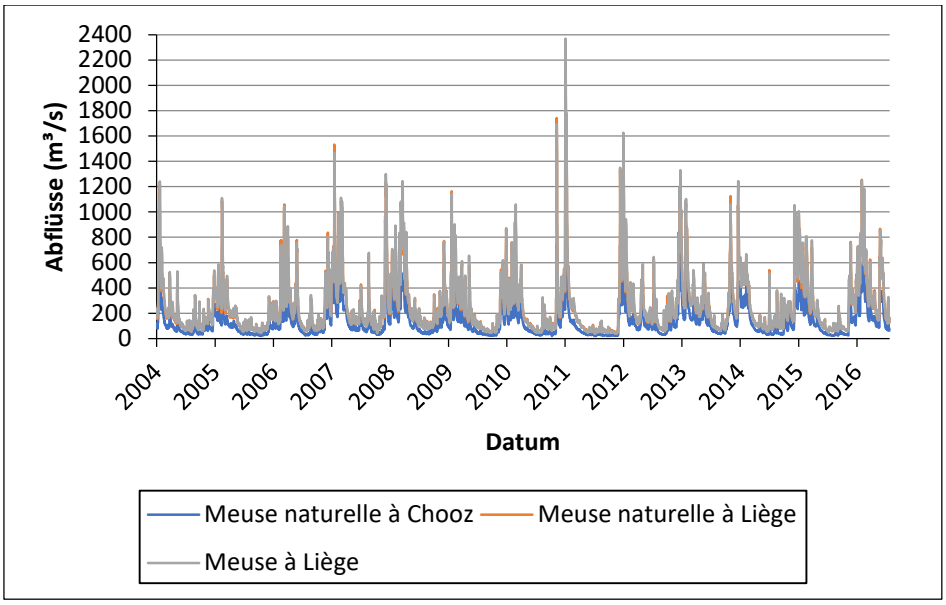


Abbildung 22: Tagesabflüsse der Maas (01/01/2004 - 31/07/2016)

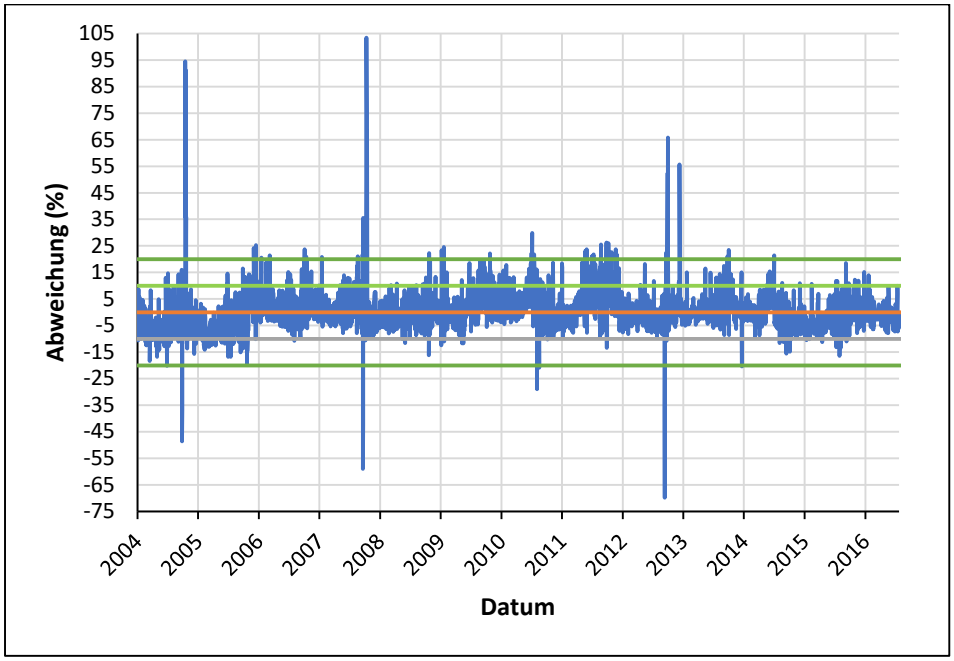


Abbildung 23: Abweichung (%) zwischen der natürlichen Abflussreihe und der "gemessenen" Abflussreihe in Lüttich (01/01/2004 - 31/07/2016)

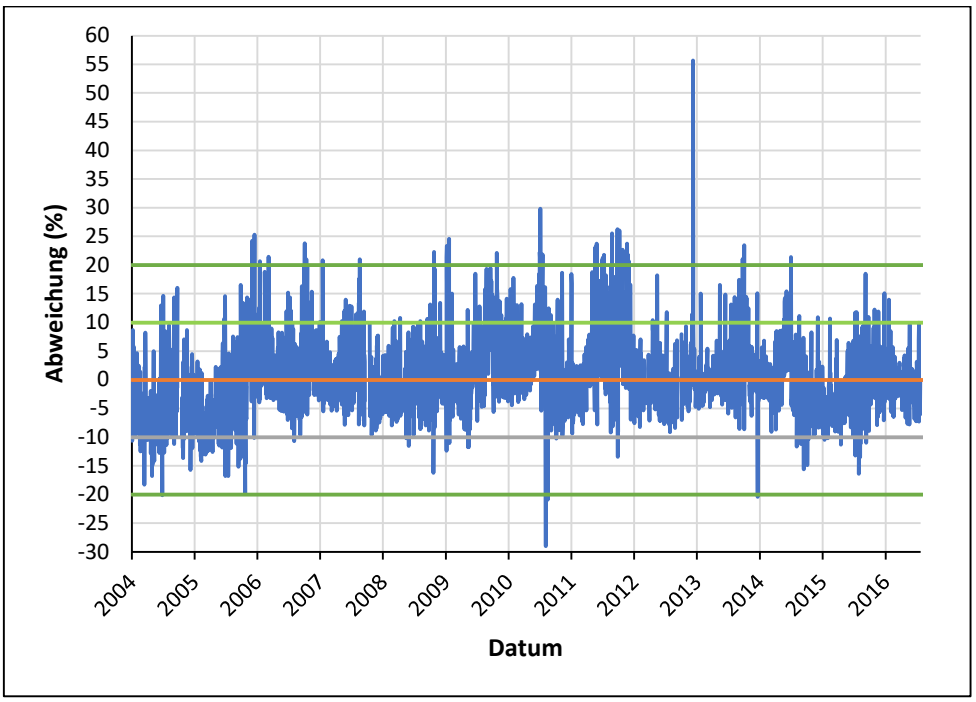


Abbildung 24: Abweichung (%) zwischen der natürlichen Abflussreihe und der "gemessenen" Abflussreihe in Lüttich (01/01/2004 - 31/07/2016) - Ausschluss der Zeiträume der Stauabsenkung der Maas

Fazit und Perspektiven

Die rekonstruierte natürliche Abflussreihe liegt nahe an der gemessenen Abflussreihe, da sie sich meistens zwischen -10 und +10% bewegt. Ist die Abweichung positiv, so ist der natürliche Abfluss höher als der gemessene Abfluss, und ist umgekehrt die Abweichung negativ, so ist der natürliche Abfluss niedriger als der gemessene Abfluss.

Zwischen den beiden Reihen sind zyklische Abweichungen zu beobachten. Für die Ursachenermittlung ist eine detaillierte Analyse vorzunehmen.

Einige Anomalien wurden hauptsächlich während des Zeitraums der Maas-Stauabsenkung ermittelt: 26/09/2004, 23/09/2007, 14/10/2007 und 16/09/2012.

Es wäre möglich, die Reihe der natürlichen Abflüsse der Maas in Lüttich zu verbessern, indem folgende Punkte berücksichtigt werden:

- der Beitrag der mittleren Einzugsgebiete der Maas
- die kleinen und punktuellen nicht gemessenen Wasserentnahmen
- die tatsächliche Wasserentnahme des Kernkraftwerks Tihange
- die Entnahmen der SWDE und der CILE oberhalb von Lüttich, die unterhalb von Lüttich umverteilt werden,
- die natürlichen Abflüsse der Vierre, der Warche und der Ourthe, unter Berücksichtigung ihrer Talsperren

Die Oberflächen der nicht gemessenen mittleren Einzugsgebiete machen weniger als 2,5 % der Gesamtfläche des Maaseinzugsgebiets in Lüttich aus. Diese Einträge können somit als vernachlässigbar betrachtet werden.

Erste Statistiken wurden zu dieser Reihe natürlicher Abflüsse erstellt, um die extremen Niedrigwasserabflüsse zu bestimmen, die mit der beobachteten Reihe zu vergleichen sind (Tabelle 6). Leider kann mit der natürlichen Reihe lediglich ein sehr kurzer Zeitraum analysiert werden, d.h. von 2004 bis 2015.

Tabelle 6: Ergebnisse des gemessenen und natürlichen NM7Q an der Station in Lüttich (2004-2015)

LÜTTICH	Gemessen NM7Q	Natürlicher NM7Q
NM7Q (T=2 j)	57.3 m^3/s	61.1 m^3/s
NM7Q (T=5 j)	50.0 m^3/s	53.5 m^3/s
NM7Q (T=10 j)	46.6 m^3/s	49.9 m^3/s
NM7Q (T=20 j)	44.0 m^3/s	47.2 m^3/s
NM7Q (T=50 j)	41.2 m^3/s	44.2 m^3/s

Achtung: Es wird empfohlen, Abflüsse mit einem Wiederkehrintervall, das zweimal höher ist als die verfügbare historische Übersicht, nicht zu schätzen.

Diese Ergebnisse zeigen eine Zunahme der extremen Niedrigwasserabflüsse von etwa 7% zwischen der beobachteten Reihe und der natürlichen Abflussreihe in Lüttich.

5.3 Ergebnisse an der Messstation Lith-Megen

Die in Lith gemessene Reihe bildet die Grundlage der Definition der Reihe der natürlichen Abflüsse in Lith. Diese Reihe gibt es seit 1911. Die Messreihe wird in Bezug auf die aktuelle Situation homogenisiert. Anschließend werden der Messreihe alle Entnahmen und Einleitungen stromaufwärts hinzugefügt.

Entnahmen /Einleitungen oberhalb von Lith

1. Verzweigungen der Maas
2. Entnahmen/Einleitungen in den Niederlanden

N.B.: die Entnahmen/Einleitungen oberhalb von Lüttich werden von der französischen und der wallonischen Delegation berücksichtigt.

5.3.1. Verzweigungen der Maas

Die Maas unterhalb von Lüttich unterscheidet sich von der Maas oberhalb aufgrund der Tatsache, dass das Wasser dort zwischen der Maas und den flämischen und niederländischen Kanälen aufgeteilt wird: dem Albert-Kanal, der Zuid-Willemsvaart und dem Juliana-Kanal. Die Wasseraufteilung zwischen den einzelnen Verzweigungen ist in der nachfolgenden Abbildung schematisch dargestellt. Die Kanäle sind untereinander verbunden, wodurch ein Gesamtkomplex entsteht (Abbildung 25).

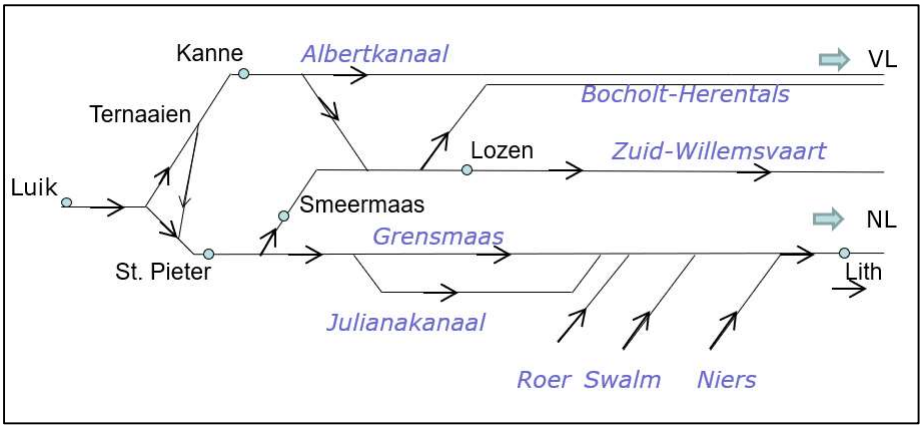


Abbildung 25: Schema der wichtigsten Verbindungen und Zuflüsse der Maas unterhalb von Lüttich

Die nachstehenden Verzweigungen der Maas liegen unterhalb von Lüttich (Abbildung 26):

- Albert-Kanal (Flandern) (seit 1939)
  - strömt in Richtung Schelde, trifft also nicht auf die Maas: vollständig in die natürliche Abflussreihe aufnehmen; gemessener Abfluss in Kanne: maximal 19 m^3/s.
- Zuid-Willemsvaart (seit 1826)
  - zum Teil nach Flandern ausgerichtet: strömt anschließend in Richtung Schelde, trifft also nicht auf die Maas
  - zum Teil auf die Niederlande ausgerichtet: fließt zum überwiegenden Teil in die Maas zurück, jedoch unterhalb von Lith

  Aus diesem Grund empfiehlt es sich, die Zuid-Willemsvaart vollständig in die natürliche Reihe zu integrieren; gemessener Abfluss in der Smeermaas: maximal 13m^3/s.

Abbildung 26: Zusammensetzung der natürlichen Reihe Lith

5.3.2. Die Entnahmen und Einleitungen in den Niederlanden

Neben der Aufteilung des Wassers zwischen der Maas und den Kanälen wird auch Wasser aus der Maas und den Kanälen für die Trinkwassergewinnung, die Industrie, die Landwirtschaft etc. entnommen. Sämtliche dieser Entnahmen und Einleitungen sind also bei der Erstellung der natürlichen Abflussreihe zu berücksichtigen. Die Entnahmen und Einleitungen auf dem Hoheitsgebiet der Niederlande setzen sich aus den folgenden Kategorien zusammen:

- Trink- und Industriewasser (sowohl Entnahmen als auch Einleitungen)

  Die Daten stammen aus dem nationalen hydrologischen Modell und weisen eine hohe Genauigkeit auf.

  Entnahmen:

  Industriewasser: 6,4 m^3/s

  Trinkwasser: 9,4 m^3/s

  Einleitungen: 6,9 m^3/s

- Entnahmen durch die Landwirtschaft

  Auf Nachfrage der Landwirtschaft berechnet das Nederlandse Hydrologische Instrumentarium die Niederschlagsmenge. Die Daten sind für jeden Knoten des Modells verfügbar und weisen eine ausreichende Genauigkeit auf.

- Kläranlagen

  Es handelt sich lediglich um Einleitungen; die Datengenauigkeit ist hoch.

- Verluste beim Abwärtsschleusen und aufgrund von Leckagen

  Es handelt sich um Verluste nach außerhalb des Systems, z.B. vom Maas-Waal-Kanal; die Verluste innerhalb des Systems sind nicht relevant. Der Rückgang der Verluste beim Abwärtsschleusen aufgrund sparsamer Schleusenmanöver oder Pumpvorgänge ist berücksichtigt. Die Datengenauigkeit ist hoch (Tabelle 7).

Lage	Abfluss (m^3/s)
Maas-Waal-Kanal	2
Wessem-Nederweert	2,5 – 0,5

- Rückhaltung und Versickerung

  Eine Rückhaltung/Versickerung wird an bestimmten Orten festgestellt:

  Rückhaltung: (+) 0,1 m^3/s

  Versickerung: (-) 2,9 m^3/s

  Gesamt: (-) 2,8 m^3/s

  Das Wasser wird für den Ausgleich der Versickerung genutzt: die Aufrechterhaltung des Wasserstands in der Maas und in den Kanälen steht an erster Stelle der Prioritätenfolge.

Tabelle 7: Ergebnisse des gemessenen und natürlichen NM7Q an der Station in Lith-Megen

LITH-MEGEN	Gemessen NM7Q	Natürlicher NM7Q
NM7Q (T=2 j)	60 m^3/s	82 m^3/s
NM7Q (T=5 j)	45 m^3/s	69 m^3/s
NM7Q (T=10 j)	40 m^3/s	60 m^3/s
NM7Q (T=20 j)	30 m^3/s	50 m^3/s
NM7Q (T=50 j)	25 m^3/s	38 m^3/s

Tabelle 7 zeigt, dass für die Messstation von Lith-Megen der Unterschied zwischen den gemessenen und rekonstruierten Abflüssen bei Niedrigwasser etwa 30 % beträgt.

5.4 Zusammenfassung

Die Abweichung zwischen den natürlichen NM7Q und den berechneten NM7Q wird vom Oberlauf zum Unterlauf größer, entsprechend der Zunahme der Wassernutzungen vom Oberlauf zum Unterlauf.

Für die drei entlang der Maas gelegenen Stationen wurden gemessene Abflussreihen in so genannte „natürliche“ Abflussreihen umgewandelt. Die natürlichen Abflussreihen spiegeln eine Situation wieder, in der die anthropogene Beeinflussung (u.a. die Auswirkungen von Kanalbauprojekten, die Ableitung des Maaswassers in andere Einzugsgebiete, Trinkwasser und industrielle Nutzung) kompensiert wird. Die natürlichen sowie die gemessenen Abflussreihen wurden für eine statistische Auswertung herangezogen, damit die Häufigkeit der Niedrigwassersituationen bestimmt werden kann. Die Analyse der natürlichen Abflüsse zeigt, dass die Nutzung mit der Zeit zugenommen hat. Überdies steigt die absolute Differenz zwischen den natürlichen und den gemessenen Abflüssen am Unterlauf. Die Hauptursachen dieser Zunahme sind die Entnahmen von Wasser, das nicht mehr in die Maas zurückgeführt wird, wie die Trinkwasserentnahmen für die außerhalb des Maaseinzugsgebiets gelegenen Gebiete und die Ableitung von Wasser nach Flandern und in die Niederlande.

Es wird darauf hingewiesen, dass die Schätzung der natürlichen Abflüsse aufgrund der Tatsache, dass die Daten der Vergangenheit nur mit einer äußerst geringen Genauigkeit wiederhergestellt werden können (Entwicklung der Entnahmen über die Zeit, etc.) unsicher ist.

Überdies darf in Bezug auf die Ergebnisse der statistischen Analyse nicht vergessen werden, dass, je höher die Wiederkehrintervalle/Jährlichkeiten sind (Bsp.: T = 20 Jahre oder 50 Jahre), die Präzision der Ergebnisse wegen der verkürzten Länge der Messreihen umso geringer ist.

6. IMK- Niedrigwassermonitoring

6.1 Instrumentarium (Messstationen, Parameter, Überwachungsfrequenz und Klassifizierung der Situation)

Das derzeitige Niedrigwasserbeobachtungsnetz besteht aus 21, über den Hauptstrom der Maas (10 Messstellen) oder ihre Zuflüsse (11 Messstellen) verteilten Abflussmessstellen (Abbildung 27).

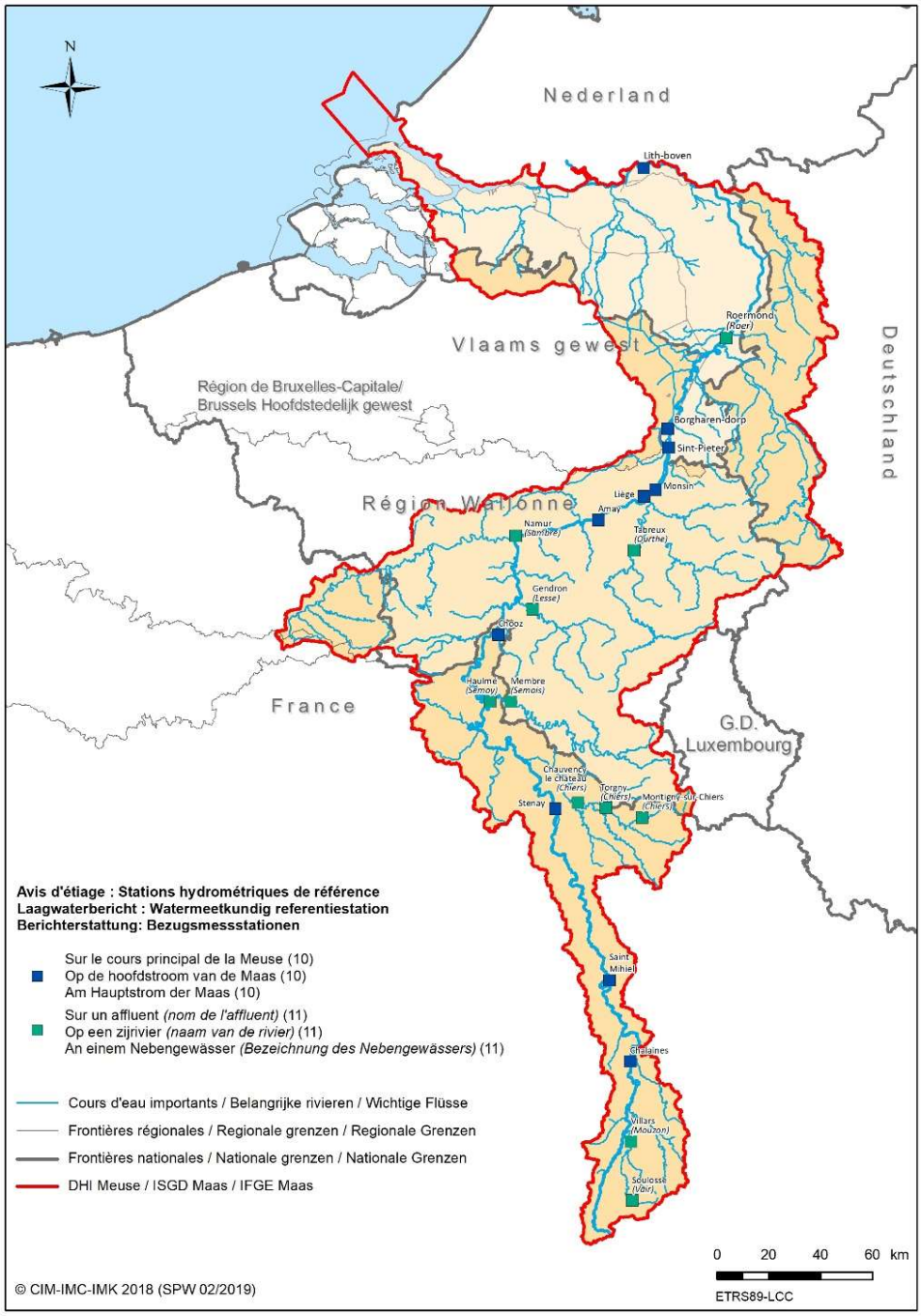


Abbildung 27: Karte des gemeinsamen Überwachungsnetzes des Maaseinzugsgebiets

Das Niedrigwassermonitoring auf der Grundlage der gemessenen Abflüsse erfolgt wöchentlich von der 23. bis zur 43. Kalenderwoche, was annähernd dem Zeitraum zwischen Juni und Oktober entspricht. Dieser Zeitraum kann je nach besonderen meteorologischen Bedingungen auf die Zeit vor Juni oder nach Oktober ausgedehnt werden.

Für das Niedrigwassermonitoring in der IMK dient der durchschnittliche Abfluss der vergangenen 7 Tage (M7Q). Mit diesem Wert können punktuelle Schwankungen an den Gewässern geglättet werden (Öffnung oder Schließung von Stauwehren, Einleitungen, etc.).

Pro Kalenderwoche wird die Schwere der Situation anschließend auf Grundlage einer 5-stufigen Klassifizierung eingestuft. Wie in Abbildung 28 dargestellt, gründet die Klassifizierung auf den Wiederkehrintervallen 2, 5, 10, 20 und 50 Jahre der NM7Q-Zeitreihe. Diese entsprechen dem Abfluss, der mit einer theoretischen jährlichen Wahrscheinlichkeit von 50 %, 20 %, 10 %, 5 % und 2 % unterschritten wird. Die zugehörigen Abflüsse entsprechen den statistischen Daten der gemessenen Abflüsse in Kapitel 5.

Abbildung 28: Verwendete Abflussschwellenwerte, um die Intensität des Niedrigwassers zu bewerten

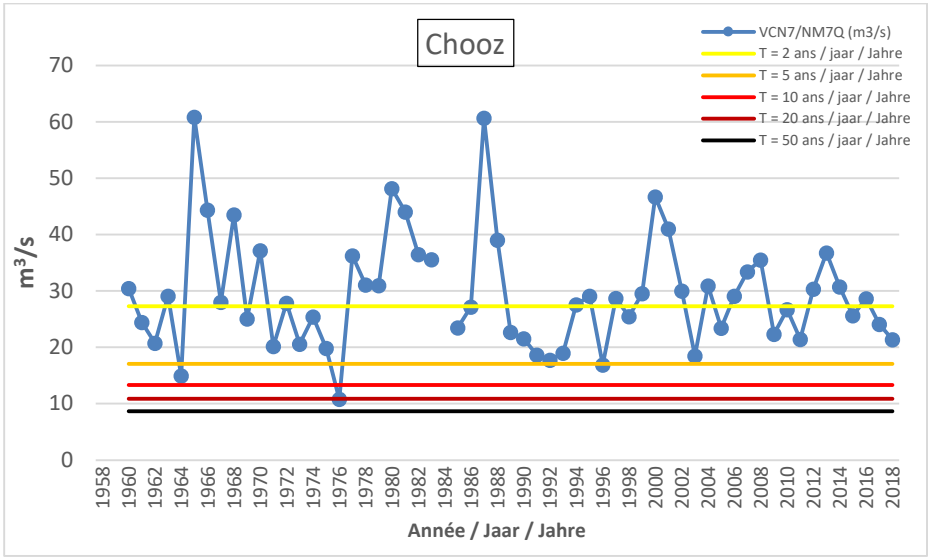
6.2 Verfügbare Ergebnisse an den wichtigsten Messstationen

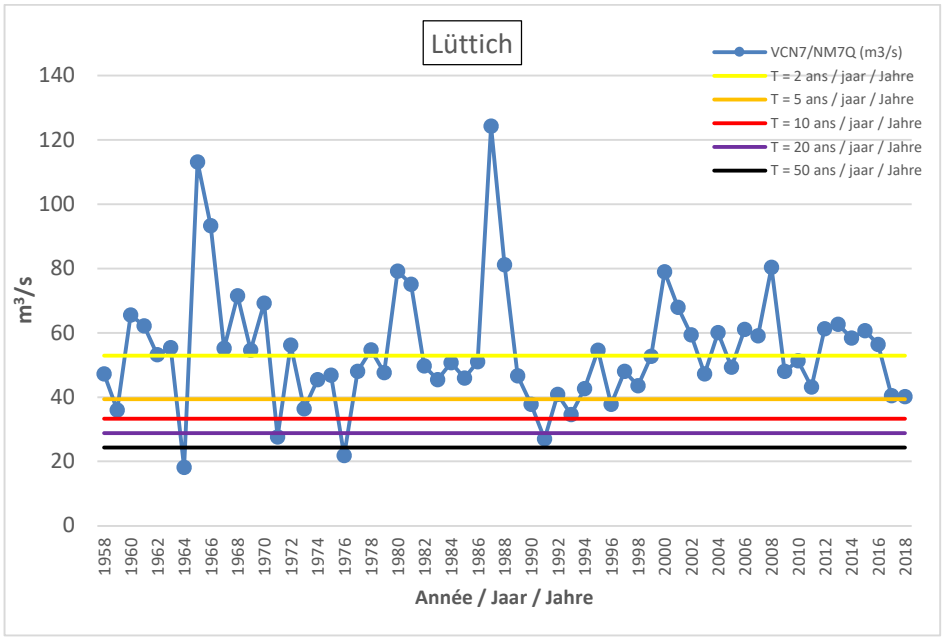
In diesem Abschnitt werden die Analysen der Abflüsse der Maas dargestellt, die in der Vergangenheit an den nachstehend aufgeführten drei hydrologischen Stationen angetroffen wurden:

- Chooz,
- Lüttich,
- Lith-Megen.

Durch die Auswahl dieser Stationen können für ein und denselben Zeitraum die räumliche Entwicklung des Niedrigwasserereignisses entlang der Maas festgestellt und gegebenenfalls die Auswirkungen der im Einzugsgebiet bestehenden bilateralen Vereinbarungen für die Wasserverteilung erkannt werden (vgl. Kapitel 9.2).

Die erste Analyse der Niedrigwasserereignisse, die an der Maas aufgetreten sind, besteht in einer graphischen Darstellung der NM7Q Abflüsse, berechnet für jedes Kalenderjahr über alle verfügbaren Zeitreihen, und deren Vergleich mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren (vgl. Abbildungen 29 und 30).





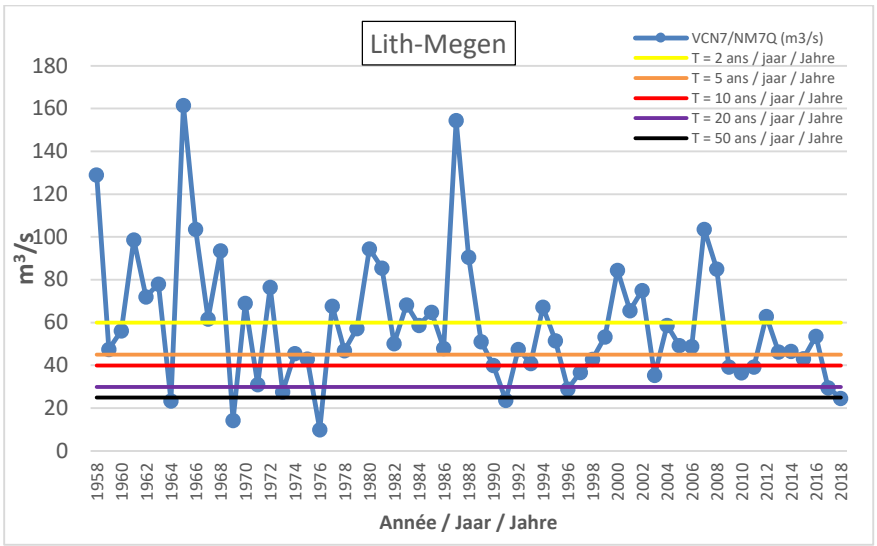


Abbildung 29: Vergleich der Jahresmittel-NM7Q mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Stationen Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018)

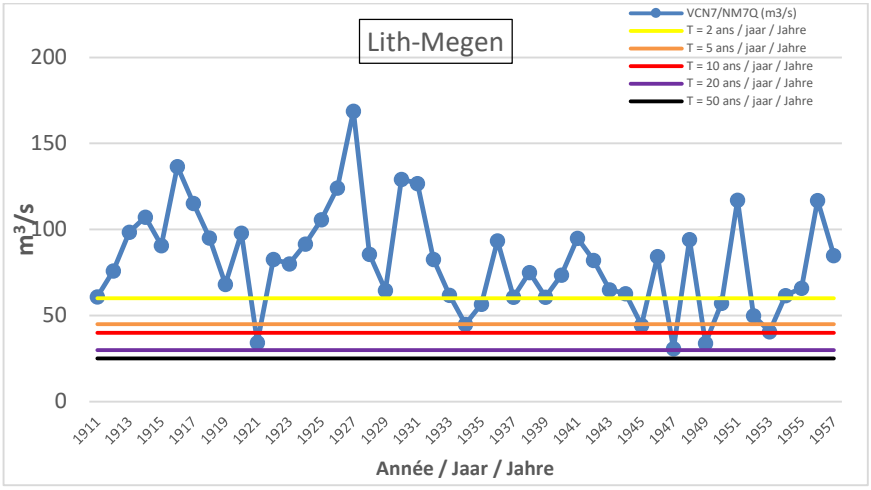


Abbildung 30: Vergleich der Jahresmittel-NM7Q mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station Lith-Megen (1911-1957)

Diese erste Analyse ist jedoch nicht ausreichend, um die Schwere eines Niedrigwasserereignisses sowie seine potenziellen negativen Folgen für die aquatischen Ökosysteme und die Nutzungen zu charakterisieren.

Geht man davon aus, dass für einen gegebenen Schwellenwert die potenziellen negativen Folgen des Niedrigwasserereignisses umso bedeutender sind, je länger dieser Schwellenwert überschritten wird, so ist es erforderlich, nachstehende Elemente zu charakterisieren (Abbildung 31):

- die Gesamtzahl an Tagen im Kalenderjahr, in dem der für jeden Kalendertag berechnete M7Q unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag,
- die Höchstzahl aufeinander folgender Tage im Kalenderjahr, in dem der für jeden Kalendertag berechnete M7Q unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag).

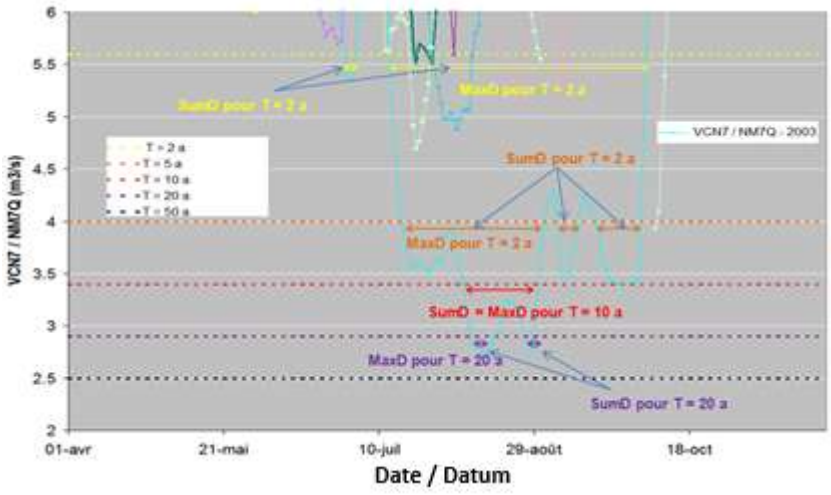


Abbildung 31: Beispielrechnung für die Parameter SumD und MaxD in Verbindung mit der Überschreitung der Werte des Jahresmittel-NM7Q für eine gegebene hydrologische Station und für das Niedrigwasserjahr 2003 für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren

Die Parameter SumD und MaxD sind in Form von Jahreshistogrammen dargestellt, in denen jede der fünf in Kapitel 6.1 definierten Niedrigwasserkategorien erscheint (Abbildungen 32 und 33).

Abbildung 32: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag – Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018)

Abbildung 33: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag – Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen (1958-2018)

Für einen Gesamtüberblick in Bezug auf das Maaseinzugsgebiet sind die an den 3 Stationen erhaltenen Ergebnisse in einer Graphik in 20 Jahreszeiträumen zusammengefasst. Für jedes Jahr sind die Histogramme jeder Station vom Oberlauf zum Unterlauf nebeneinander dargestellt, indem innerhalb der mit jeder Niedrigwasserkategorie verbundenen Farbblöcke gestrichelte oder gepunktete Linien verwendet wurden, so dass jeder Abflussmesspunkt unterschieden werden kann (Abbildungen 34 bis 39).

In den folgenden Graphiken können die Histogramme über die Anzahl der Kalendertage - d.h. 365 Tage für ein bestimmtes Jahr - hinausgehen, da die Werte Sum(D) pro Wiederkehrintervall kumulieren.

Beispiel: 1976 (Abbildung 34) ist die Anzahl der Tage, an denen der NM7Q unter dem entsprechenden Schwellenwert für ein Wiederkehrintervall von 20 Jahren (= Sum(D) für T = 20 Jahre in violett im Graph) lag, auch in der Berechnung des Sum(D) für T = 10 Jahre (in rot) enthalten, aber ebenfalls in der Berechnung des Sum(D) für T = 5 Jahre (in Orange) und des Sum(D) für T = 2 Jahre (in Gelb).

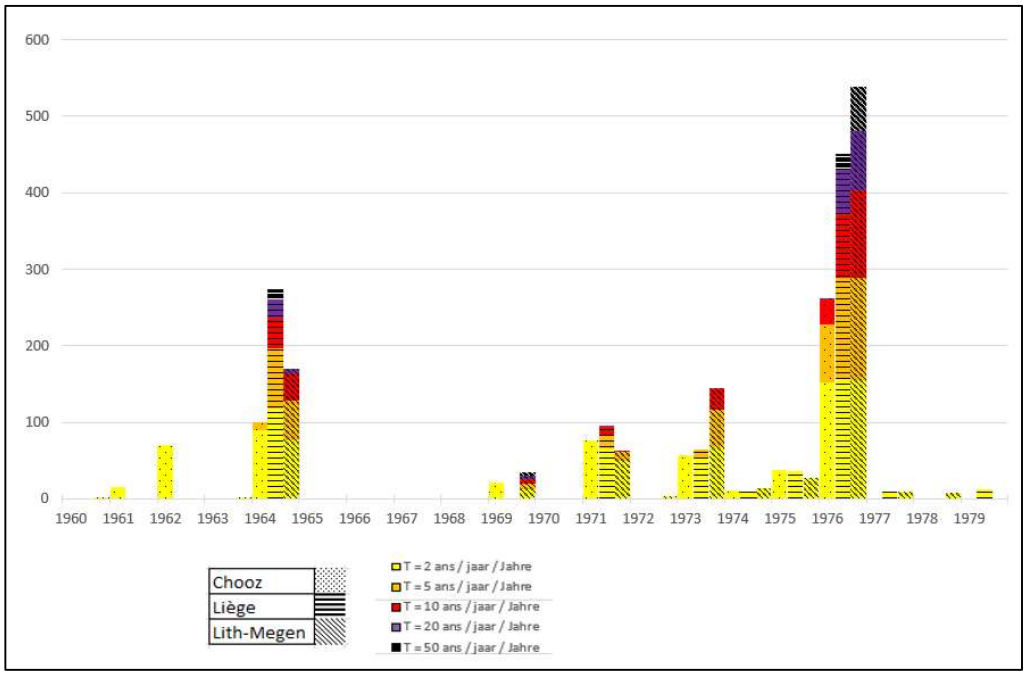


Abbildung 34: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1960 bis 1979 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag

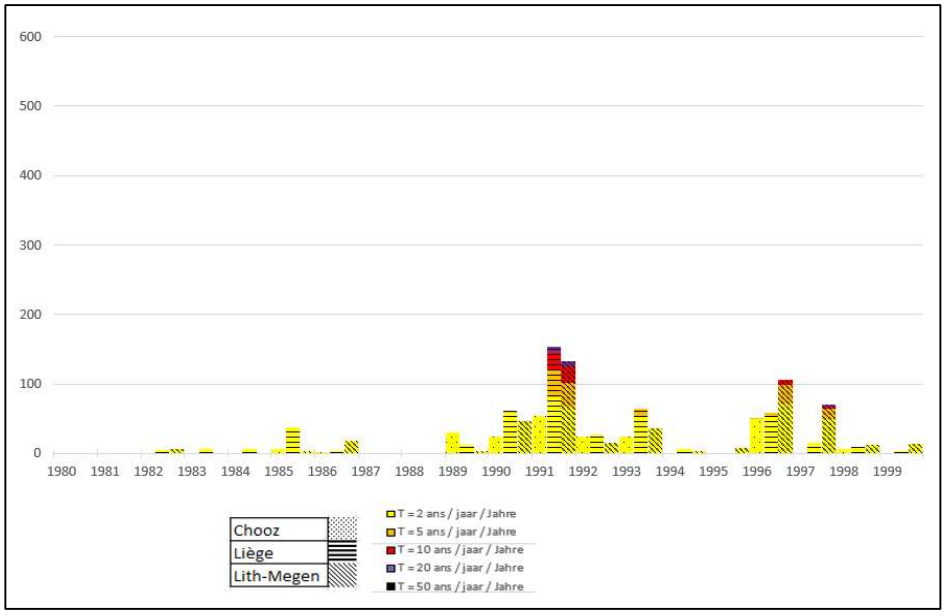


Abbildung 35: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1980 bis 1999 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag

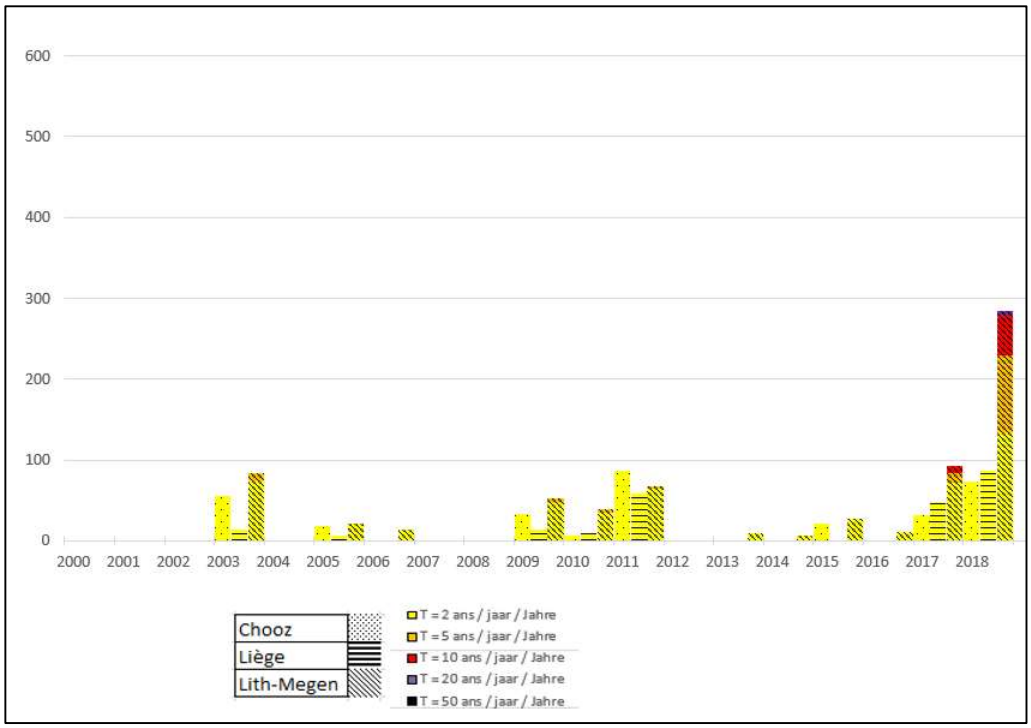


Abbildung 36: Gesamtzahl der Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 2000 bis 2018 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter SumD) lag

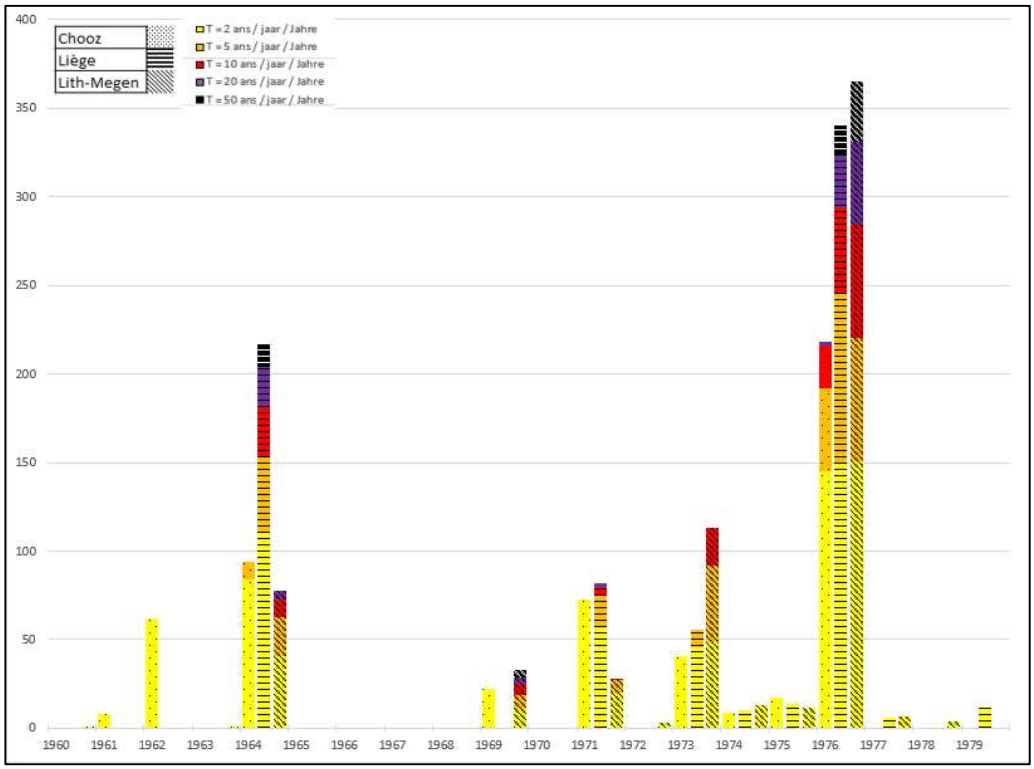


Abbildung 37: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1960 bis 1979 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag

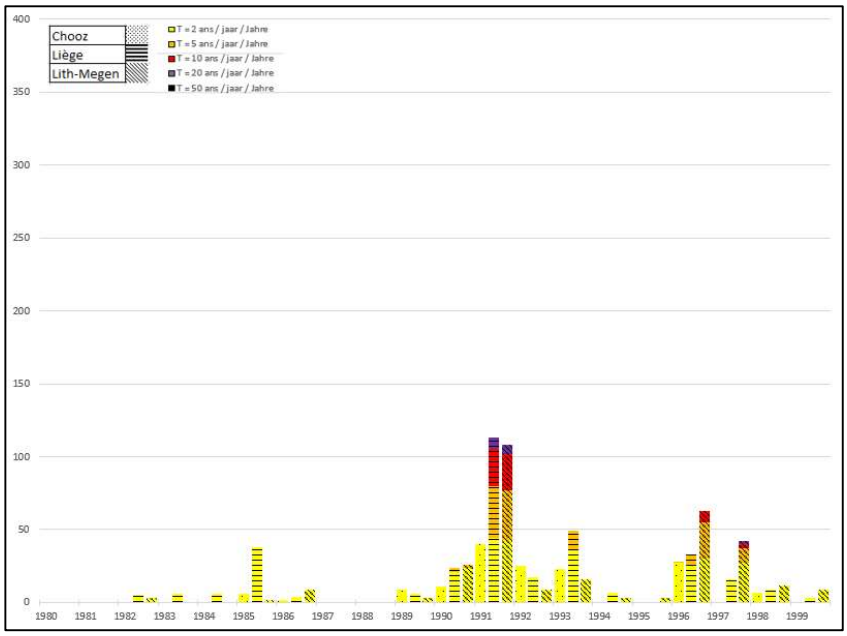


Abbildung 38: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 1980 bis 1999 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag

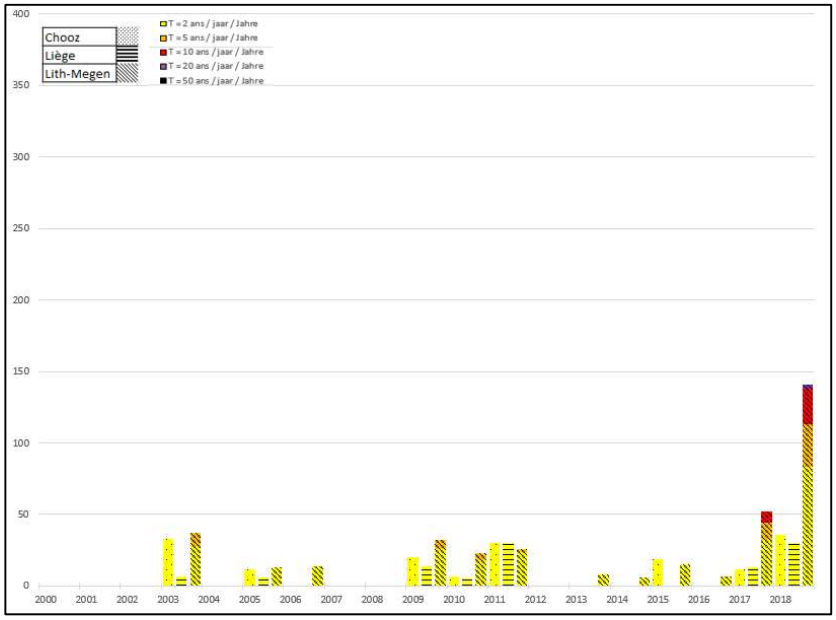


Abbildung 39: Höchstzahl der im Jahr aufeinander folgenden Tage, an denen der für jeden Kalendertag berechnete M7Q für die Wiederkehrintervalle von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren an den Stationen in Chooz, Lüttich und Lith-Megen von 2000 bis 2018 unter einem gegebenen Schwellenwert (Parameter MaxD) lag

Es wurde versucht, möglichst lange Messreihen vorzustellen. Leider decken die für die drei Stationen verfügbaren Messreihen nicht alle denselben Zeitraum ab. Für den Standort in Lith-Megen beginnt die Reihe 1911, für den Standort Lüttich 1958 und für den Standort Chooz 1960. Der gemeinsame Zeitraum beginnt somit im Jahr 1960. Die erzielten Ergebnisse können mit den Ergebnissen der Überwachung der an den Stationen des homogenen Messnetzes der IMK – beschrieben in Kapitel 7 - verfügbaren physikalisch-chemischen und biologischen

Parameter in Beziehung gesetzt werden. Ein Vergleich mit den Ergebnissen der Überwachung des chemischen und ökologischen Zustands der Oberflächengewässer im Rahmen der WRRL ist für den Zeitraum 2000 bis 2018 möglich.

6.3 Zusammenfassung

Um einen Überblick über die in der Vergangenheit aufgetretenen Niedrigwasserereignisse zu erhalten, wurden folgende Tabellen für die ausgewählten Stationen erstellt:

- eine Übersichtstabelle des Jahresmittel-NM7Q über mehrere Jahre für die gesamte Chronik sowie die Werte des Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren (vgl. Tabelle 8).
- eine Übersichtstabelle der Werte der Parameter SumD und MaxD für die fünf bedeutendsten Niedrigwasserereignisse (vgl. Tabellen 9 bis 11).

Tabelle 8: Überjahresmittel des NM7Q für die gesamte Chronik sowie Werte des Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Chooz, Lüttich und Lith-Megen

Station	Überjahresmittel des NM7Q	Periode	NM7Q T = 2 J.	NM7Q T = 5 J.	NM7Q T = 10 J.	NM7Q T = 20 J.	NM7Q T = 50 J.
Chooz	29,47 m^3/s	1960-2018	27,30 m^3/s	17,06 m^3/s	13,34 m^3/s	10,89 m^3/s	8,67 m^3/s
Liège	54,6 m^3/s	1958-2018	52,9 m^3/s	39,4 m^3/s	33,3 m^3/s	28,9 m^3/s	24,4 m^3/s
Lith-Megen	69,2 m^3/s	1911-2018	60 m^3/s	45 m^3/s	40 m^3/s	30 m^3/s	25 m^3/s

Tabelle 9: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Chooz

	NM7Q	T = 2 J.		T = 5 J.		T = 10 J.		T = 20 J.		T = 50 J.	
Jahre	m^3/s	SumD (d)	maxD (d)	SumD (d)	maxD (d)	SumD (d)	maxD (d)	SumD (d)	maxD (d)	SumD (d)	maxD (d)
1964	14,96	90	84	10	8	0	0	0	0	0	0
1976	10,80	152	145	76	47	32	24	2	2	0	0
1992	17,73	25	25	0	0	0	0	0	0	0	0
1996	16,90	49	27	1	1	0	0	0	0	0	0
2003	18,47	56	33	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabelle 10: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Lüttich

	NM7Q	T = 2 J.		T = 5 J.		T = 10 J.		T = 20 J.		T = 50 J.	
Jahre	m^3/s	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)
1964	18,1	118	110	78	43	41	29	24	22	13	13
1971	27,6	66	57	18	18	10	5	2	2	0	0
1976	21,8	157	149	132	97	83	48	58	30	21	16
1991	27,0	81	44	40	36	25	25	8	8	0	0
1993	34,5	52	36	13	13	0	0	0	0	0	0

Tabelle 11: Überschreitungsdauern der Jahresmittel-NM7Q in Verbindung mit den Wiederkehrintervallen von 2, 5, 10, 20 und 50 Jahren für die Station in Lith-Megen

	NM7Q	T = 2 J.		T = 5 J.		T = 10 J.		T = 20 J.		T = 50 J.	
Jahre	m^3/s	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)	SumD (d)	MaxD (d)
1964	23,4	76	41	52	22	36	10	6	5	0	0
1969	14,3	12	11	8	8	6	6	4	4	4	4
1976	10,0	155	151	134	69	115	64	76	47	58	34
1991	23,7	67	43	34	34	25	25	7	6	0	0
2018	24,7	134	83	96	30	48	25	7	3	0	0

Tabelle 12: Übersichtstabelle der zwei gemeinsamen bedeutendsten Niedrigwasserereignisse, für die Stationen Chooz, Lüttich und Lith-Megen

		T = 2 ans / jaar		T = 5 ans / jaar		T = 10 ans / jaar		T = 20 ans / jaar		T = 50 ans / jaar	
1964	VCN7/ NM7Q (m^3/s)	SumD (j) / SumD (d)	MaxD (j) / MaxD (d)	SumD (j) / SumD (d)	MaxD (j) / MaxD (d)	SumD (j) / SumD (d)	MaxD (j) / MaxD (d)	SumD (j) / SumD (d)	MaxD (j) / MaxD (d)	SumD (j) / SumD (d)	MaxD (j) / MaxD (d)
Chooz	15,0	108	90	22	14	0	0	0	0	0	0
Liège	18,1	118	110	78	43	41	29	24	22	13	13
Lith Megen	23,4	76	41	52	22	36	10	6	5	0	0
1976											
Chooz	10,8	164	151	94	53	46	37	8	8	0	0
Liège	21,8	157	149	132	97	83	48	58	30	21	16
Lith Megen	10,0	155	151	134	69	115	64	76	47	58	34

Für den Zeitraum 1960-2018 zeigt die Analyse für die 3 Stationen Chooz, Lüttich und Lith-Megen, dass die bedeutendsten Niedrigwasserereignisse im ganzen Maaseinzugsgebiet in den Jahren 1964 und 1976[6] stattgefunden haben. Fest steht jedoch, dass die Häufigkeit der Niedrigwasserereignisse seit einigen Jahren zunimmt.

[6] Für die Station Lith-Megen war 2018 auch eine wichtige Niedrigwassersituation

7. Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den Zustand der Wasserkörper an den Grenzen

Niedrigwasserperioden gehören zum natürlichen gewässerhydrologischen Kreislauf (siehe Kapitel 4). Die biologische Funktionsfähigkeit und das ökologische Gleichgewicht haben sich mit dieser Einschränkung herausgebildet. Insbesondere die aquatischen Lebewesen haben Anpassungsstrategien entwickelt, um diesen Stressperioden zu widerstehen. Beispielsweise wandern nicht nur Fische, sondern auch Makroinvertebraten in Richtung der Mündungen von Nebenflüssen. Fische nutzen günstige Abflussverhältnisse für die Wanderung aus und warten ungünstige Phasen ab.

Trotzdem können Belastungen, die durch menschliche Tätigkeiten entstehen, diesen Stress noch verschärfen und das natürliche Gleichgewicht gefährden (siehe Abbildung 40):

- Durch Verringerung der Abflüsse in den Gewässern oder durch Verlängerung der Niedrigwasserperioden, und zwar unmittelbar (Wasserentnahmen) oder mittelbar (langfristige Klimaveränderungen),
- Durch Einleitungen, deren Auswirkungen sich bei Niedrigwasser verschärfen können,
- Durch Stauhaltungen, welche einerseits die Wasserstände stabil halten, andererseits die Strömungsgeschwindigkeit herabsetzen und damit die Auswirkungen von Niedrigabflussperioden beeinflussen.

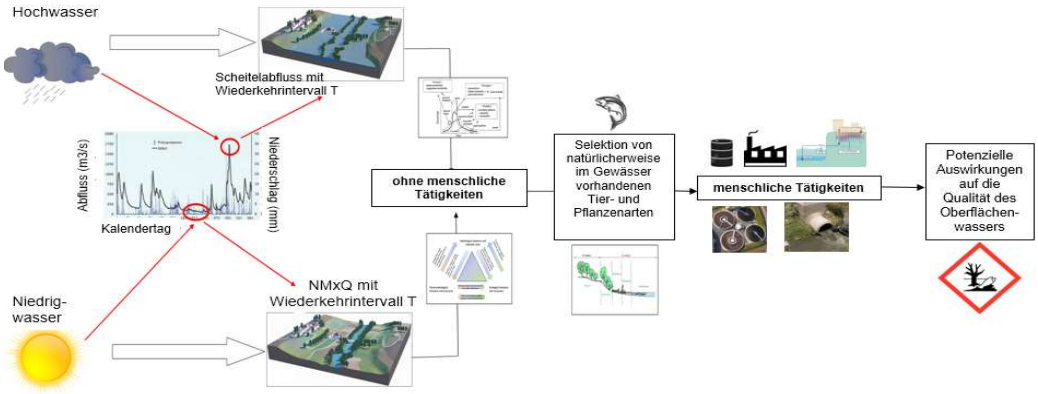


Abbildung 40: Zusammenhänge zwischen Niedrigwasser (bzw. Hochwasser) und Zustand der Oberflächengewässer

Die biologischen Lebensgemeinschaften können dann mehr oder weniger ausgeprägten Beeinträchtigungen unterliegen:

- Unterbrechung der ökologischen Durchgängigkeit, wenn der Wasserstand nicht mehr dafür ausreicht, dass die Lebewesen manche Rückzugsbereiche oder die Nebengewässer erreichen; diese Wirkung verstärkt sich, wenn Teile des Gewässers trockenfallen,
- Aufgrund der geringeren Verdünnung kommt es zu einer Konzentrationserhöhung bestimmter Schadstoffe, deren eingeleitete Frachten während des gesamten Jahres praktisch konstant sind (z.B. pharmazeutische Substanzen, die für Langzeiterkrankungen wie z.B. Herz-Kreislauf-Erkrankungen verwendet werden),

- Plötzlicher Schadstoffeintrag bei Starkniederschlägen nach langer Trockenheit; dies kann zu hohen Schadstoffeinträgen und starker Sauerstoffzehrung führen,
- Die Stauhaltung und die Verringerung der Strömungsgeschwindigkeit mit Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt und die Habitatbeschaffenheit und damit auf rheophile (strömungsliebende) Arten,
- Schichtung der Wassersäule in stark staureguliertеn Gewässern, mit negativen Auswirkungen auf den Sauerstoffhaushalt,
- Erwärmung des Wassers mit nachteiligen Auswirkungen auf die Verfügbarkeit von Sauerstoff insbesondere für die Fischbestände und mit einem erhöhten Risiko übermäßigen Pflanzenwachstums (Phytoplankton und Makrophyten).

Der Zusammenhang zwischen Abfluss und Schadstoffkonzentration ist allerdings nicht nur mit einer einfachen Verdünnungsregel zu erklären. Bei Niedrigwasser verringern sich nämlich die stark niederschlagsabhängigen Frachten deutlich (Oberflächenabfluss aus Siedlungsbereichen, diffuse Belastungen aus der Landwirtschaft u. Ä.). Im Übrigen verstärken sich unter dem Einfluss der Temperatur, die in Niedrigwasserperioden oft hoch ist, die biologischen Selbstreinigungsprozesse für gut abbaubare Stoffe in Kläranlagen, aber auch in den Gewässern selbst.

Der Wirkungszusammenhang zwischen Niedrigwasser und Wasserqualität wird also durch zahlreiche komplexe und oft gegenläufige Mechanismen bestimmt. Was sich daraus ergibt, hängt also weitgehend von den jeweiligen Eigenschaften des Gewässers ab.

Betrachtet man die Lage der Messstellen des homogenen Messnetz (HMN) im Maas-Einzugsgebiet (s. Abbildung 41) und des in Kapitel 6.1 beschriebenen gemeinsamen Niedrigwassermonitoringnetzes (s. Abbildung 27), so sollte theoretisch eine vergleichende Analyse zwischen den verringerten Abflüssen bei Niedrigwasser und des beobachteten Gewässerzustands möglich sein.

Abbildung 41: Lage der Messstellen des Homogenen MessNetzes (HMN) Maas

In der Praxis trifft dies aus den folgenden Gründen jedoch nicht zu:

- Selbst für die 21 hydrologischen Messstellendes gemeinsamen IMK-Niederwassermonitoringnetzes (vgl. Kap. 6.1), für die Abflusszeitreihen von mehreren Jahrzehnten vorliegen, ist es nicht immer möglich, den Abflüssen Monitoringergebnisse aller physikalisch-chemischen und biologischen Qualitätskomponenten gegenüberzustellen, die den Zustand eines Wasserkörpers im Sinne der WRRL bedingen. Die biologischen Parameter liegen nämlich nicht für alle Jahre vor. Darüber hinaus sind sie repräsentativ für mehr oder weniger lange Zeiträume (je nach biologischen Gruppen), die nicht unbedingt Niedrigwasserperioden abdecken.
- Dennoch kann gezeigt werden, dass die allgemeinen chemisch-physikalischen Parameter im Sinne der WRRL selbst bei ausgeprägten hydrologischen Ereignissen

gut und beständig sein können. Man kann insbesondere die Chronik der Jahres-NM7Q und die Histogramme der an der Maas in Chooz, Lüttich und Lith-Megen beobachteten Parameter SumD und MaxD in Kapitel 6.1) mit den Mindestkonzentrationen an gelöstem Sauerstoff einerseits und den Mindestkonzentrationen an Nitraten an den Stationen Saint-Mihiel, Visé und Keizersveer (Abbildungen 42 und 43) andererseits vergleichen. Beispielsweise ist festzustellen, dass das Niedrigwasserereignis von 2003 keine sichtbare Auswirkung auf diese beiden Parameter hatte.

- Seit den 1990er Jahren, wurden in der Maas erhebliche Fortschritte bei der Verringerung der Verunreinigung erzielt und beobachtet, insbesondere dank der erfolgreichen Umsetzung der Kommunalabwasserrichtlinie (Richtlinie 91/271/EWG).

Diese positive Entwicklung schlägt sich in den chemisch-physikalischen Parametern nieder und überlagert einen möglichen Einfluss von geringen Abflüssen in Niedrigwasserphasen. Es kann deshalb praktisch kein Kausalzusammenhang zwischen der Wasserqualität und Niedrigwasser hergestellt werden, zumindest nicht mit den vorliegenden Daten.

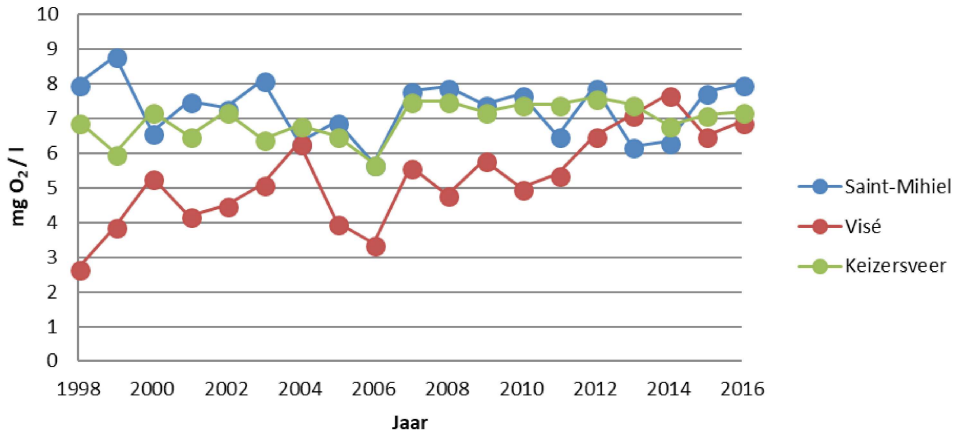


Abbildung 42: Entwicklung der jährlichen Mindestkonzentration gelösten Sauerstoffs, gemessen an den drei für die Überwachung der Wasserqualität am Hauptstrom der Maas eingerichteten Messstationen

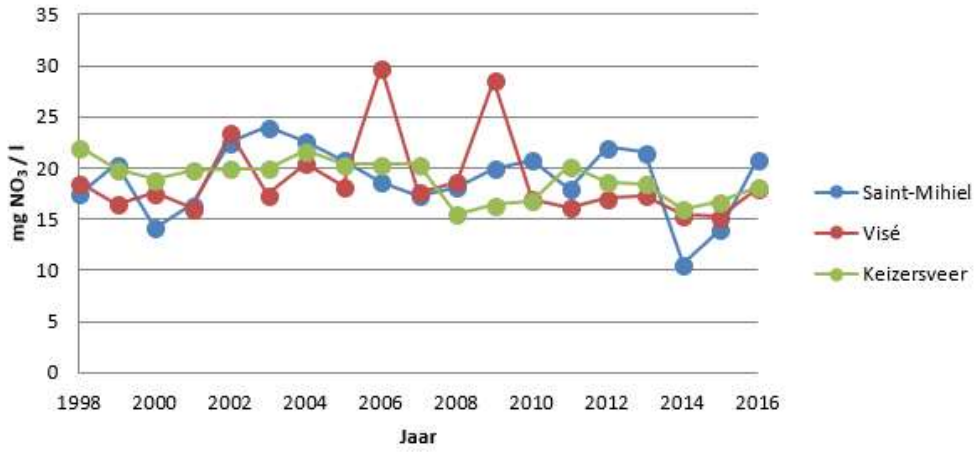


Abbildung 43: Entwicklung der jährlichen Nitrat-Höchstkonzentration an drei Überwachungsstandorten für die Gewässerqualität am Hauptstrom der Maas

8. Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf die verschiedenen Nutzungen der Oberflächengewässer

Die Fließgewässer im Maas-Einzugsgebiet sind ausnahmslos durch ein pluviales Abflussregime gekennzeichnet. Die mittleren Abflüsse erreichen ihr Maximum im Winter oder im Frühjahr sowie ihren Tiefstand im August und September, da im Sommer die Niederschläge normalerweise abnehmen und die Verdunstungsintensität aufgrund der Temperatur und des Pflanzenwachstums steigt.

Schwierigkeiten können dann auftreten, wenn die Dauer und/oder die Intensität des Niedrigwasserereignisses über die Abflussverringerungen hinausgehen, die üblicherweise an Fließgewässern beobachtet werden:

- Die Verringerung des verfügbaren Wassers kann Trink- und Brauchwasserentnahmen (insbesondere Wasserentnahmen zur Energieerzeugung), die Landwirtschaft, die Schifffahrt (Zunahme der Wartezeiten bei Schleusendurchfahrt, Einschränkung des Beladungsgrads durch Wasserstandsenkung in Extremsituationen wie 1976) mehr oder weniger dauerhaft einschränken.
- Freizeitnutzungen erfordern ausreichende Wasserstände (z. B. Stillgewässer) oder eine ausreichende bakteriologische Qualität. Diese Nutzungen werden in ausgeprägten Niedrigwasserperioden oder bei plötzlichem Eintrag hygienischer Belastung über die Kanalsysteme infolge von Starkregenereignissen nach einer langen Niedrigwasserperiode manchmal in Frage gestellt.
- Die potenziell nachteiligen Auswirkungen auf die Qualität der Oberflächengewässer können die aus diesen erfolgende Trinkwasseraufbereitung – nämlich im flämischen und im niederländischen Teil des Maaseinzugsgebiets - in Frage stellen (Einhaltung von Normen und Vorschriften). Ganz allgemein können länger anhaltende Niedrigwasserereignisse sowohl Folgen für die Quantität als auch für die Qualität des Wassers und damit für dessen Nutzungen haben. Diese Auswirkungen werden in einer späteren Phase der Aktualisierung dieses Konzepts untersucht.
- Die Stabilität der Hochwasserschutzdeiche kann durch einen lang anhaltenden niedrigen Wasserstand beeinflusst werden.

Auch die Fauna und Flora der Gewässer kann, trotz der natürlichen Anpassung an Niedrigwasser bei außergewöhnlich langer Dauer und/oder Ausgeprägtheit einer Niedrigwassersituation beeinträchtigt werden.

Schließlich können längere Niedrigwasserphasen auch den Schutz von Feuchtgebieten wie z. B. Torfmooren, erschweren.

Die folgende Abbildung 44 zeigt die quantitativen und qualitativen Auswirkungen, die verringerte Abflüsse bei Niedrigwasser haben können.

Abbildung 44: Schematische Darstellung der Auswirkungen von Niedrigwasser auf den Gewässerzustand und auf die Wassernutzungen

9. Minderung der negativen Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den Zustand der Oberflächenwasserkörper

9.1 Die in den Bewirtschaftungsplänen und Maßnahmenprogrammen gemäß Wasserrahmenrichtlinie vorgesehenen Maßnahmen (Aktivitäten)

Wichtige Anforderungen bezüglich der Wassermenge in der IFGE Maas gibt es hinsichtlich der Kühlung der Kraftwerke, der Entnahme von Wasser zur Trinkwasserversorgung in Belgien und den Niederlanden sowie im Bereich der Schifffahrt auf der Maas, (vgl. Kapitel 7.2.4 des übergeordneten Teiles des Bewirtschaftungsplans der internationalen Flussgebietseinheit der Maas für den 2. Zyklus der WRRL).

Wie bereits in Kapitel 2.2 dargelegt, liegen die quantitativen Bewirtschaftungsmaßnahmen der Oberflächengewässer wie beispielsweise die Einschränkung oder die Aufhebung von Nutzungen (Wasserentnahmen, Einleitungen oder Wasserkraftnutzungen, etc.) ausschließlich in der Zuständigkeit der Staaten, nach Maßgabe der geltenden Rechts- und Verwaltungsvorschriften, die sich je nach Land unterscheiden.

Jedoch müssen die Fragen des Umweltschutzes und der nachhaltigen mengenmäßigen Entwicklung der Wasserressourcen bei den verschiedenen quantitativen Nutzungen des Wassers (Energieerzeugung, Schifffahrt, landwirtschaftliche Produktion, Tourismus usw.) berücksichtigt werden, wie auch im Erwägungsgrund 16 der WRRL dargestellt[7].

Darüber hinaus darf eine Politik im Bereich der Niedrigwasser-Bewirtschaftung nicht nur auf der Deckung des quantitativen Bedarfs für die Wassernutzungen basieren, sondern muss auch die Umweltbelange berücksichtigen, denn „Wasser ist keine übliche Handelsware, sondern ein ererbtes Gut, das geschützt, verteidigt und entsprechend behandelt werden muss“ – darauf weist bereits der erste Erwägungsgrund der WRRL hin.

Die folgende Abbildung veranschaulicht die Schwierigkeiten und Konflikte, die sich aus einem Niedrigwassermanagement zur Deckung des mengenmäßigen Bedarfs der Wassernutzungen ergeben (Abbildung 45).

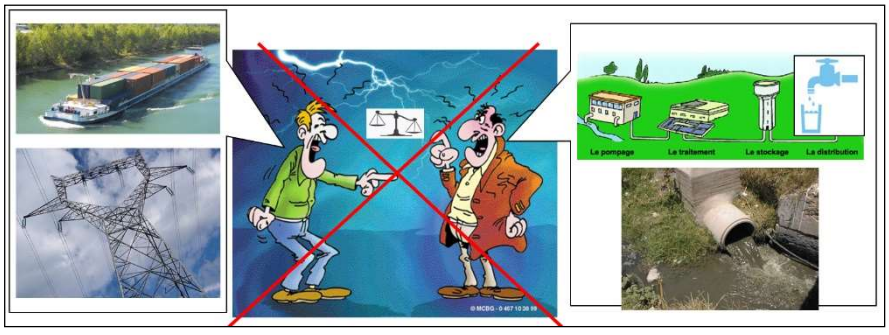


Abbildung 45: Potenzielle Konflikte zwischen Wassernutzern in einer Niedrigwasserperiode

[7] “Der Schutz und die nachhaltige Bewirtschaftung von Gewässern müssen stärker in andere politische Maßnahmen der Gemeinschaft integriert werden, so z. B. in die Energiepolitik, die Verkehrspolitik, die Landwirtschaftspolitik, die Fischereipolitik, die Regionalpolitik und die Fremdenverkehrspolitik. Diese Richtlinie soll die Grundlage für einen kontinuierlichen Dialog und für die Entwicklung von Strategien für eine stärkere politische Integration legen.”

In diesem Kontext erscheint es erforderlich:

- die derzeitigen und künftigen Bedarfe der Staaten, Länder und Regionen des Maaseinzugsgebiets in Bezug auf die quantitative Wasserbewirtschaftung im Rahmen der Umsetzung der WRRL (vgl. Kapitel 9.1.1) zu analysieren,
- die derzeitigen und künftigen Koordinierungsbedarfe der Staaten, Länder und Regionen des Maaseinzugsgebiets in Bezug auf das Krisenmanagement bei Niedrigwasser (vgl. Kapitel 9.1.2) zu analysieren.

9.1.1 Koordinierung der der quantitativen Bewirtschaftungsmaßnahmen der nationalen Maßnahmenprogramme

Die Analyse des aktuellen und zukünftigen Koordinationsbedarfs der Staaten, Länder und Regionen des Maas-Einzugsgebiets im Rahmen der Umsetzung der WRRL wurde anhand des folgenden Entscheidungsbaums vorgenommen (s. Abbildung 46).

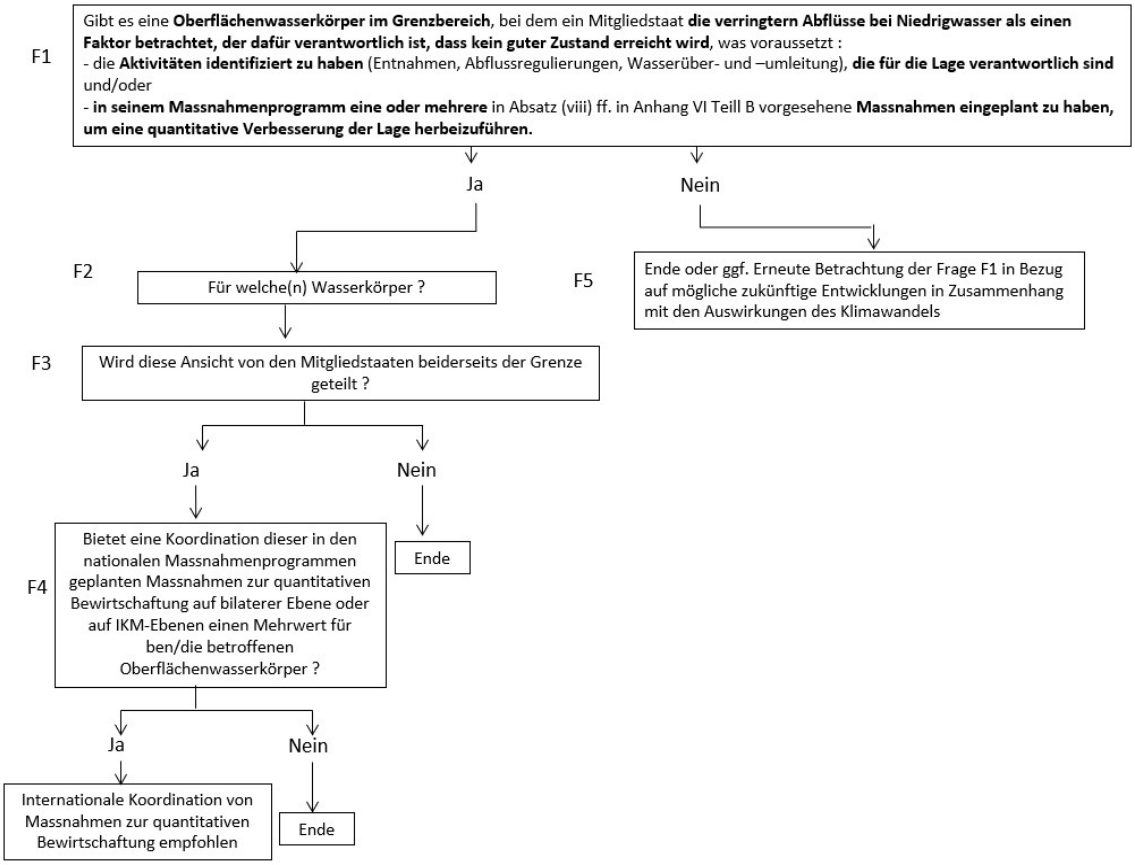


Abbildung 46: Entscheidungsbaum zur Notwendigkeit, wassermengenwirtschaftliche Maßnahmen auf internationaler Ebene zu koordinieren

Eine erste Analyse zu den grenznahen Oberflächenwasserkörpern auf der Grundlage des Entscheidungsbaums in Abb. 46 hat ergeben, dass Niedrigwasser für einige dieser Wasserkörper als ein Faktor angesehen wird, der für das Nicht-Erreichen des guten Zustands / Potenzials verantwortlich ist.

Es scheint, dass vonseiten der Delegationen ergänzende Arbeiten zu diesem Punkt zu leisten sind.

Diese Arbeiten sind während der Ausarbeitung des vorliegenden Berichts angestoßen worden und sollen in Zukunft für die Oberflächenwasserkörper an den Grenzen, bei denen dies relevant ist, fortgesetzt werden.

9.1.2 Koordinierung des Krisenmanagements bei Niedrigwasser

Um den aktuellen und zukünftigen Koordinationsbedarf der Staaten, Länder und Regionen des Maas-Einzugsgebiets für das Krisenmanagement bei Niedrigwasser zu ermitteln, wird der folgende Entscheidungsbaum genutzt (s. Abbildung 47).

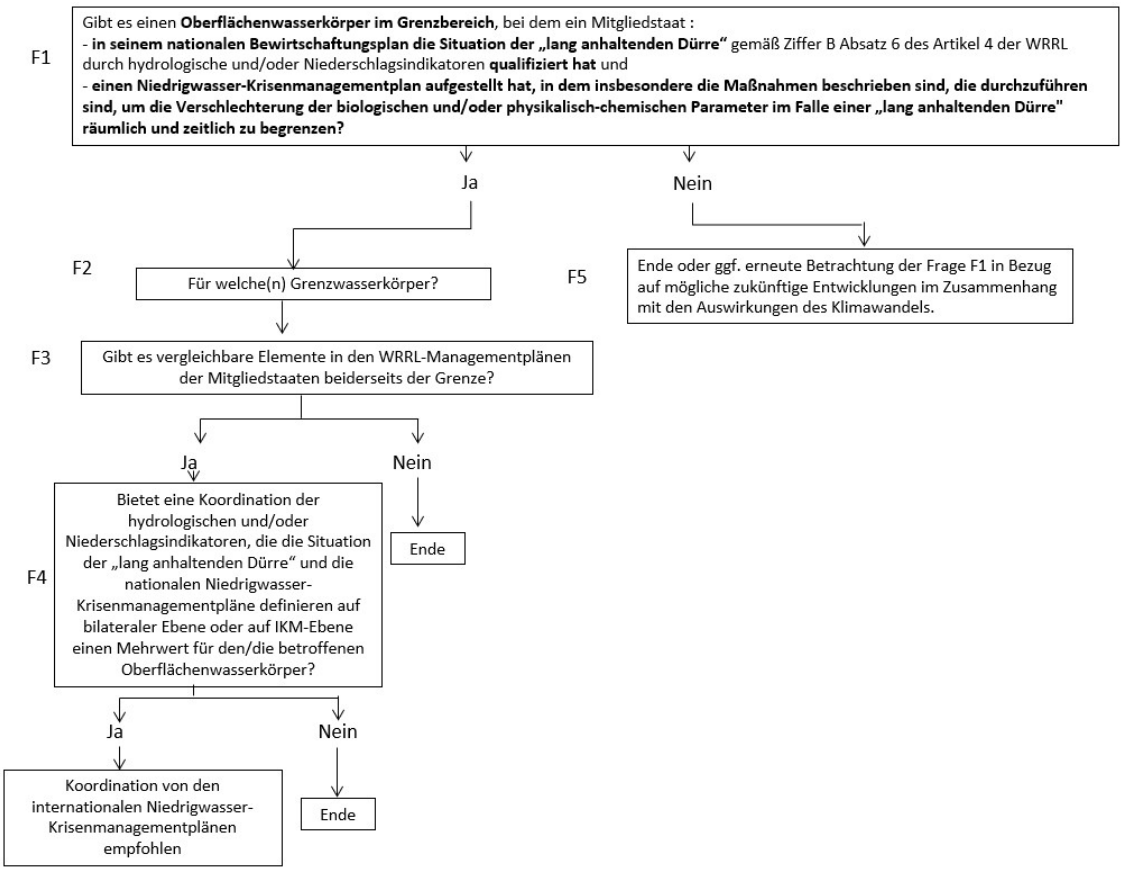


Abbildung 47: Entscheidungsbaum zum internationalen Koordinierungsbedarf hinsichtlich eines Krisenmanagements bei Niedrigwasser.

Ergänzende Arbeiten sind zu leisten, um die Fragen in diesem Entscheidungsbaum beantworten zu können.

9.2 Die internationalen Vereinbarungen über die Abflussverteilung im Maas-Einzugsgebiet

9.2.1 Internationaler Vertrag über das Kernkraftwerk von CHOOZ

Der Vertrag zwischen der Regierung der Französischen Republik und der Regierung des Königreichs Belgien über das Kernkraftwerk von Chooz, der in Brüssel am 8. September 1998 unterzeichnet und durch das Dekret Nr. 98-1004 vom 30. Oktober 1998 in französisches Recht übertragen wurde, sieht vor:

- Einsetzung einer Durchflussmessstation mit der Bezeichnung „Chooz – Trou-du-Diable (Teufelsloch)“, die stromaufwärts der Wasserentnahme und Einleitung des Kernkraftwerks gelegen ist.
- Fernübermittlung der Wasserstandsdaten (Station von „Chooz – Trou-du-Diable“) und der Niederschläge („Station von Chooz – Ile Graviat“) an die wallonischen hydrologischen Dienste (SPW).
- Koordinierte Durchführung durch EDF, DREAL Grand Est und SPW von mindestens 12 Eichungen jährlich, von denen die Hälfte bei Niedrigwasser mit der Verpflichtung für EDF erfolgt, mindestens 1 Zusatzeichung pro Monat bei kritischem Niedrigwasser zu gewährleisten, damit die Maasdurchflüsse berechnet werden können.
- Einführung der ersten Schutzmaßnahmen, wenn der während 12 aufeinanderfolgenden Tagen berechnete Durchschnittstagesabfluss 22 m^3/s erreicht.
- Keine Verschlechterung der hydrologischen Situation, wenn der während 12 aufeinanderfolgenden Tagen berechnete Durchschnittstagesabfluss 20 m^3/s erreicht.

Die Durchführungsbestimmungen zu den Bestimmungen dieses Vertrags werden im Rahmen der Erneuerung der Genehmigungen für die Wasserentnahme, die Wassernutzung- sowie der flüssigen und gasförmigen Einleitungen in die Umwelt vom 17. November 2009 präzisiert.

Die aus der Maas entnommenen Mengen überschreiten nachfolgende Höchstwerte nicht:

Jahresmenge	Tagesmenge	Unmittelbarer Höchstabfluss
150 Millionen m^3	544 000 m^3	7 m^3/s

Mit Ausnahme des Verdunstungsteils wird die Wasserentnahme aus der Maas der Umwelt zurückgeführt.

Unabhängig vom Jahreszeitraum wird die maximale Wasserhöchstmenge, die von den beiden Kühltürmen von Chooz B verdunstet wird, auf 2,1 m^3/s im Tagesdurchschnitt beschränkt. Es finden folgende ergänzende Einschränkungen Anwendung:

- Wenn der stromabwärts des Standortes über zwölf aufeinanderfolgende Tage berechnete Durchschnittstagesabfluss der Maas zwischen 20 und 22 m^3/s liegt, wird der verdunstete Abfluss während des dreizehnten Tages auf fünf Prozent des Durchschnittstagesabflusses des zwölften Tages beschränkt.
- Wenn der stromabwärts des Standortes über zwölf aufeinanderfolgende Tage berechnete Durchschnittstagesabfluss der Maas unter 20 m^3/s liegt, ist der verdunstete Abfluss während des dreizehnten Tages gleich Null.

- Außer bei begründeten außergewöhnlichen Umständen ist der verdunstete Abfluss gleich Null, wenn der Durchschnittstagesabfluss der Maas stromabwärts des Standortes unter oder gleich 14 m³/s beträgt.

Eine Entnahme von 1,6 m^3/s, die für die Kühlung des Reaktors bei Produktionsstillständen unerlässlich ist, kann mit integraler Rückführung vorgenommen werden, unabhängig vom Gewässerabfluss.

9.2.2 Vertrag zwischen der Flämischen Region und dem Königreich der Niederlande über die Maaswasserableitung

Bei geringem Wasserdargebot (< 130 m^3/s) wird das Maaswasser zwischen den Niederlanden und Flandern gemäß den Bestimmungen des am 17. Januar 1995 in Antwerpen unterzeichneten Vertrags zwischen der Flämischen Region und dem Königreich der Niederlande über die Maaswasserableitung verteilt.

Das Prinzip besteht in einer gleichen Wasserverteilung zwischen den beiden Unterzeichnern und einer gemeinsamen Verantwortung für die Mittelmaas.

1. Bei einem Maasabfluss zwischen 100 m^3/s und 60 m^3/s (Startphase) wird der niederländische und flämische Verbrauch jeweils auf 25 – 35 m^3/s nach oben hin begrenzt.
2. Bei einem Maasabfluss zwischen 60 m^3/s und 30 m^3/s (Alarmphase) gewährleisten die Parteien einen Mindestabfluss von 10 m^3/s am Stauwerk von Borgharen. In dieser Phase machen die Parteien Einsparungen auf den unter Punkt 1 zitierten niederländischen und flämischen Verbrauch.
3. Bei einem Maasabfluss von 30 m^3/s (Krisenphase) verteilen die Parteien diesen Abfluss auf gleiche Weise auf den niederländischen und flämischen Verbrauch und die Mittelmaas durch höhere Einsparungen.

Zur Umsetzung der Vertragsbestimmungen haben die Parteien eine niederländisch-flämische Arbeitsgruppe für das Ableitungssystem der Maas eingesetzt. Wallonien hat, obwohl nicht Partei dieses Vertrages, den Status eines Beobachters in der Arbeitsgruppe.

9.2.3 Vertrag über das Mittellimburg-Wasser und die Nordbrabant-Kanäle (WATAK MLNBK)

WATAK (1994) ist ein Vertrag zwischen den regionalen für die Gewässerbewirtschaftung in den Kanälen zuständigen Stellen in Bezug auf die Überleitung von 16,5 m^3/s an die Kanäle unter normalen Bedingungen sowie in Bezug auf Wassermangel bei Niedrigwasser. Die Aktualisierung dieses Vertrags läuft derzeit.

10. Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse

10.1 AMICE [05]

Dieses Unterkapitel fasst Methoden und Ergebnisse aus dem Bericht „Analysis of climate change, high-flows and low-flows scenarios on the Meuse basin“ (2010) zusammen. Dieser Bericht wurde im Rahmen der Aktion 3 des Work Package 1 des Projekts AMICE [05] erstellt.

Ziel dieses Projekts, das zwischen 2009 und 2010 im Rahmen des Programms Interreg IV-B der Europäischen Union durchgeführt wurde, war die Ermittlung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer im Maaseinzugsgebiet in naher Zukunft (2021-2050) und in ferner Zukunft (2071-2100) [05].

10.1.1 Verwendete hydrologische Modelle und Berechnungspunkte

Die Abflussberechnungen wurden an zehn Messstationen im internationalen Maaseinzugsgebiet vorgenommen (vgl. Abbildung 48 und Tabelle Nr. 14).

Abbildung 48: Karte der im Rahmen des AMICE-Projekts ausgewählten hydrologischen Berechnungspunkte [05]

Jeder Partner hat – auf der Grundlage der in Tabelle Nr. 13 vorgestellten hydrologischen Modelle - für die in seinem Zuständigkeitsgebiet gelegenen Stationen hydrologische Berechnungen durchgeführt.

10.1.2 Für die Abflussprojektionen verwendete Klimaszenarien

Die Schätzung der möglichen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer im Maaseinzugsgebiet erfolgte, indem die mit den hydrologischen Modellen für die Zeiträume 1961-1990 bzw. 1971-2000 berechneten Abflüsse für die „Gegenwart“ mit den für die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) berechneten Abflüssen verglichen wurden.

Die Abflüsse für die Gegenwartszeiträume wurden unter Verwendung der Wetterdaten aus der vom European Climate Assessment & Dataset project (06) bereitgestellten klimatologischen Datenbank E-OBS 2.0, die die Tagesniederschlags- und Tageslufttemperaturwerte (2 Meter) von 1950 bis 2008 für Europa enthält, berechnet.

Die Abflüsse für die Zukunftszeiträume wurden unter Verwendung der nach dem Delta-Change-Verfahren umgerechneten Wetterdaten aus der der klimatologischen Datenbank E-OBS 2.0 berechnet.

Ausgehend von den nationalen Klimamodellen haben die AMICE-Projektpartner Umwandlungsfaktoren der Temperatur und des Niederschlags pro Land für ein Feuchtszenario und ein Trockenszenario abgeleitet.

Sie haben auch länderübergreifende Temperatur- und Niederschlagsumwandlungsfaktoren berechnet, indem sie die nationalen Umwandlungsfaktoren entsprechend dem Anteil des abgedeckten Einzugsgebiets gewichtet haben (Tabelle 13).

Tabelle 13: Gewichtung, die auf die nationalen Umwandlungsfaktoren angewendet wurde, um ein länderübergreifendes Szenario zu erhalten (05)

	Drainage area (km²)	Weighting coefficient
France	10.120	0,31
Walloon	10.880	0,33
Flanders & Netherlands	8.662	0,26
Germany	3.338	0,10
Transnational Meuse	**33.000**	**1,0**

10.1.3 Ergebnisse

Die Identifizierung möglicher Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer in einer Niedrigwasserperiode im Maaseinzugsgebiet im Rahmen des AMICE-Projekts erfolgte auf der Grundlage des NM7Q, der ausgehend von den zwischen April und September mit nationalen Abflussmodellen berechneten Tagesabflusswerten ermittelt wurde:

- für die „Ist-Zustands“-Zeiträume 1961-1990 bzw. 1971-2000 gestützt auf die aus E-OBS 2.0 erhaltenen Wetterdaten,

- für die Zeiträume 2021-2050 (nahe Zukunft) und 2071-2100 (ferne Zukunft) unter Anwendung der nationalen und länderübergreifenden Umwandlungsfaktoren für die Trocken- und Feuchtszenarien auf die aus E-OBS 2.0 erhaltenen Daten.

In Tabelle Nr14 sind die ungünstigsten Ergebnisse für das Verhältnis $NM7Q_{Zukunft}/NM7Q_{Ist\text{-}Zustand}$ für das Feuchtszenario (Werte in Blau) und das Trockenszenario (Werte in Orange) aufgeführt.

Tabelle 14: Im Rahmen des AMICE-Projekts berechnete maximale Veränderung des NM7Q zwischen April und September (05)

	Meuse **St-Mihiel**	Meuse **Stenay**	Meuse **Montcy**	Meuse **Chooz**	Meuse **Sint Pieter**	Lesse **Gendron**	Vesdre **Chaud-fontaine**	Rur **Stah**	Niers **Goch**
2021-2050	0.79 0.61	0.73 0.64	0.88 0.75	0.88 0.74	0.82 0.65	1.00 0.83	1.17 0.93	0.68 0.56	0.84 0.63
2071-2100	0.60 0.43	0.50 0.47	0.71 0.52	0.65 0.52	0.60 0.33	0.96 0.57	1.10 0.67	0.71 0.36	0.60 0.27

10.2 Neue verfügbare Erkenntnisse seit AMICE

10.2.1 Niederlande (07)

Gestützt auf die neuen Vorhersagen, die vom zwischenstaatlichen Expertengremium für Klimaänderungen (IPCC) veröffentlicht wurden, hat das Königlich Niederländische Meteorologische Institut (KNMI) vier neue Klimaszenarien, die so genannten KNMI'14 (07), für die Niederlande mit den Zeithorizonten 2050 und 2085 erarbeitet (vgl. Abbildungen Nr. 49 und 50), die zugleich die Temperaturentwicklung (Szenarien G und W) sowie die Veränderungen in der Luftzirkulation (Indizes H et L), berücksichtigen.

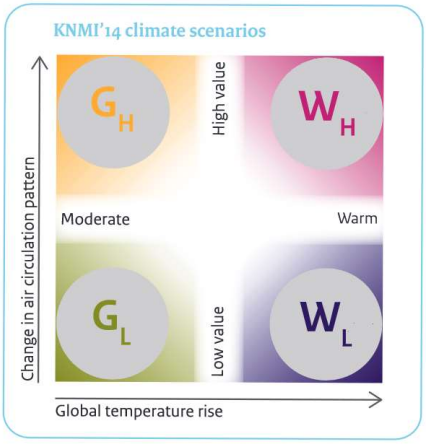


Abbildung 49: KNMI'14-Szenarien (G bedeutet gematigd, d.h. im Niederländischen gemäßigt; W bedeutet warm, d.h. im Niederländischen warm – H bedeutet high und L bedeutet low) (07)

Der durchschnittliche globale Temperaturanstieg ist das erste Einstufungskriterium, das die Szenarien unterscheidet. In den G-Szenarien beträgt der durchschnittliche globale Temperaturanstieg 2050 1 °C und 2085 1,5 °C gegenüber 1981-2010; in den W-Szenarien beträgt er 2050 2 °C und 2085 3,5 °C gegenüber 1981-2010 (vgl. Abbildung Nr. 4). G bedeutet im Niederländischen „gematigd“, d.h. gemäßigt; W bedeutet im Niederländischen „warm“, d.h. warm.

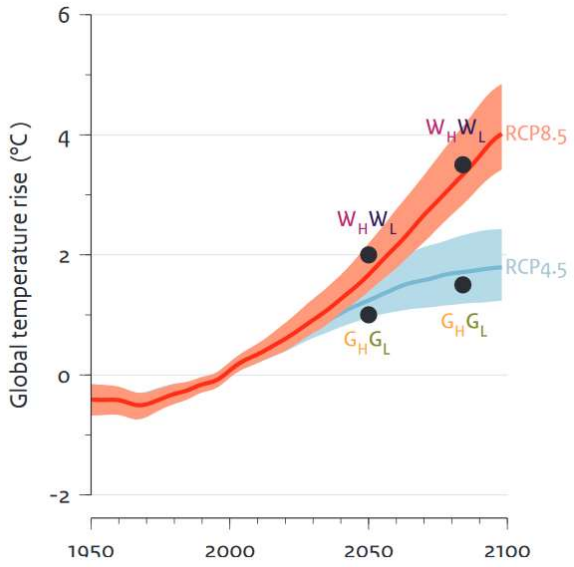


Abbildung 50: Temperaturanstieg bis 2050 und 2085 gegenüber dem Zeitraum 1981-2010 in den KNMI'14-Szenarien (07)

In den H-Szenarien treten die Westwinde im Winter häufiger auf. Daraus ergibt sich eine milde und feuchtere Wetterlage als in den L-Szenarien. Im Sommer haben die Hochdrucksysteme in den H-Szenarien einen größeren Einfluss auf die Wetterbedingungen. Verglichen mit den L-Szenarien entstehen aus diesen Hochdrucksystemen mehr Ostwinde, was für die Niederlande wärmeres und trockeneres Wetter bedeutet. Sie führen zur Veränderung bis 2050 und 2085 im Vergleich zum Klima des Zeitraums 1981-2010.

Ein fünftes Wetterszenario $W_{H,dry}$ wurde entwickelt, um mögliche Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Maas bis 2050 und 2085 im Falle eines extrem trockenen Sommers zu identifizieren.

Die Abflüsse für die Ist-Zustands- und die Zukunfts-Zeiträume wurden unter Verwendung des hydrologischen HBV-Modells berechnet.

Die Abbildungen 51 und 52 aus dem Bericht des KNMI (08) zeigen die an der Station in Borgharen berechnete Entwicklung der durchschnittlichen Monatsabflüsse und des NM7Q mit den fünf KNMI'14-Szenarien im Vergleich zu:

- den Ergebnissen aus den früheren KNMI-Wetterszenarien,
- den AMICE-Ergebnissen,
- den Ergebnissen aus den jüngsten Wetterszenarien des IPCC (fünftes Modellvergleichsprojekt - CMIP 5 für 5th Coupled model intercomparison project im Englischen).

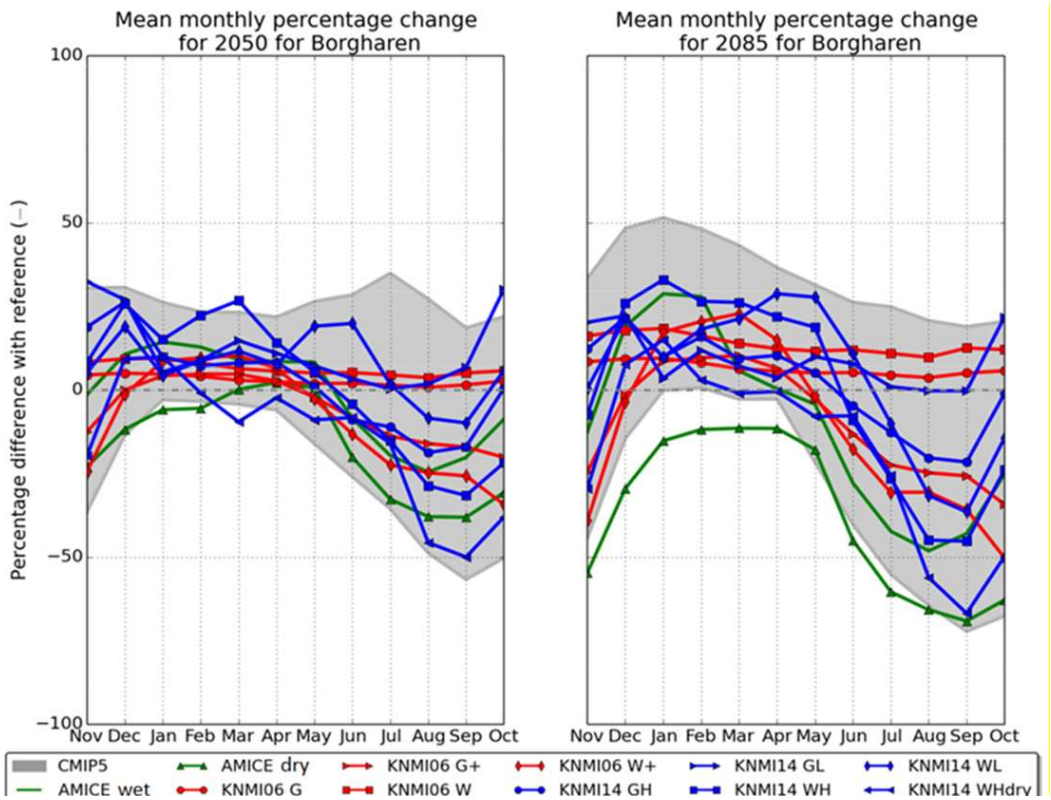


Abbildung 51: An der Station in Borgharen berechnete Entwicklung der mittleren Monatsabflüsse

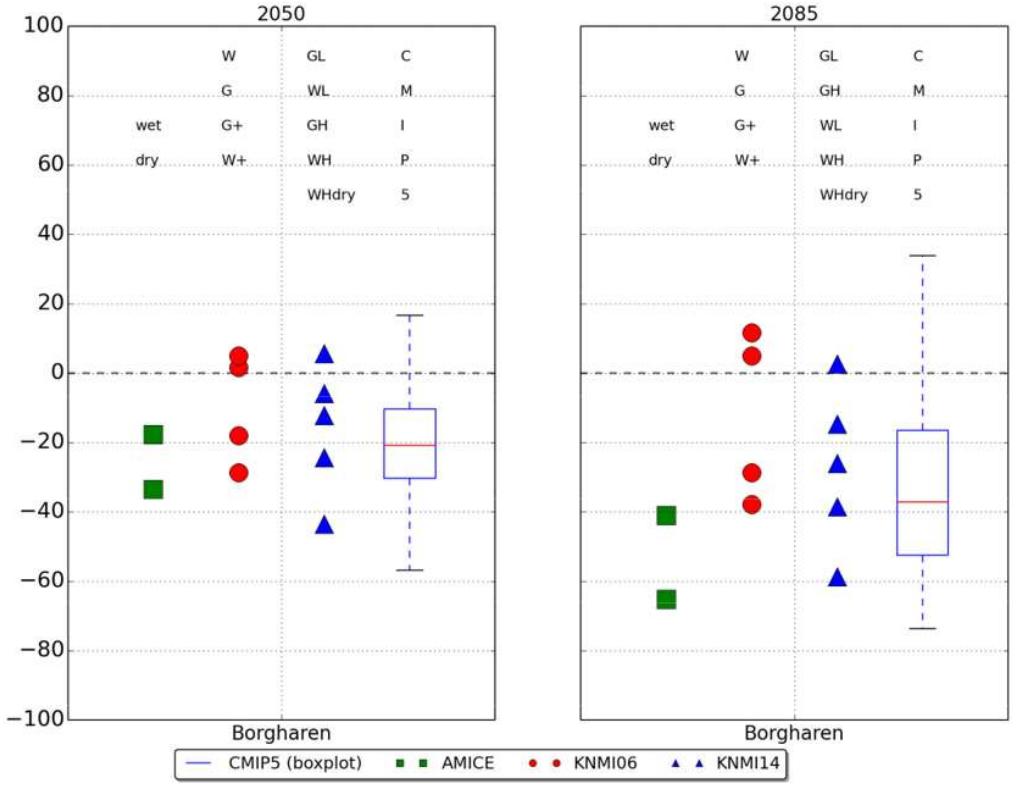


Abbildung 52: An der Station in Borgharen berechnete Entwicklung der Jahresmittel-NM7Q

10.2.2 Frankreich

Von Juni 2010 bis Oktober 2012 wurde ein vom Umweltministerium finanziertes Studienprojekt mit der Bezeichnung „projet Explore 2070“ [09] durchgeführt, um die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf das Oberflächenwasserdargebot über den Zukunfts-Zeitraum 2046-2065 im Vergleich mit dem Ist-Zustands-Bezugszeitraum 1961-1990 auf der Grundlage des A1B-Szenarios des vierten Sachstandsberichts des IPCC zu bewerten.

Zur Beantwortung dieser Frage wurde eine Berechnungskette unter Einbeziehung zweier hydrologischer Modelle (GR4 J und Isba-Modcou) für 1522 Einzugsgebiete in Kontinentalfrankreich [09] und 35 Einzugsgebiete in den Übersee-Departements (Guadeloupe, Guyana, Martinique und Réunion) eingesetzt.

Sieben Klimamodelle wurden verwendet, um Abflussprojektionen mit Hilfe zweier hydrologischer Modelle bis 2050-2070 für den Ist-Zutands-Zeitraum 1961-1990 und den Zukunfts-Zeitraum 2046-2065 durchzuführen.

Zu diesem Zweck wurde eine statistische Downscaling-Methode für den Übergang von der Maschenweite der Klimamodelle zu einer mit den verwendeten hydrologischen Modellen kompatiblen Maschenweite von 8 km x 8 km eingesetzt.

Ergebnisse:

Die Abbildungen Nr. 53 und Nr. 54 zeigen die an der Station in Chooz - Ile Graviat berechnete Entwicklung der mittleren Monatsabflüsse sowie der NM10Q, NM30Q und NMoNQ (Mindestmonatsabfluss) für die Wiederkehrintervalle 2, 5 und 10 Jahre.

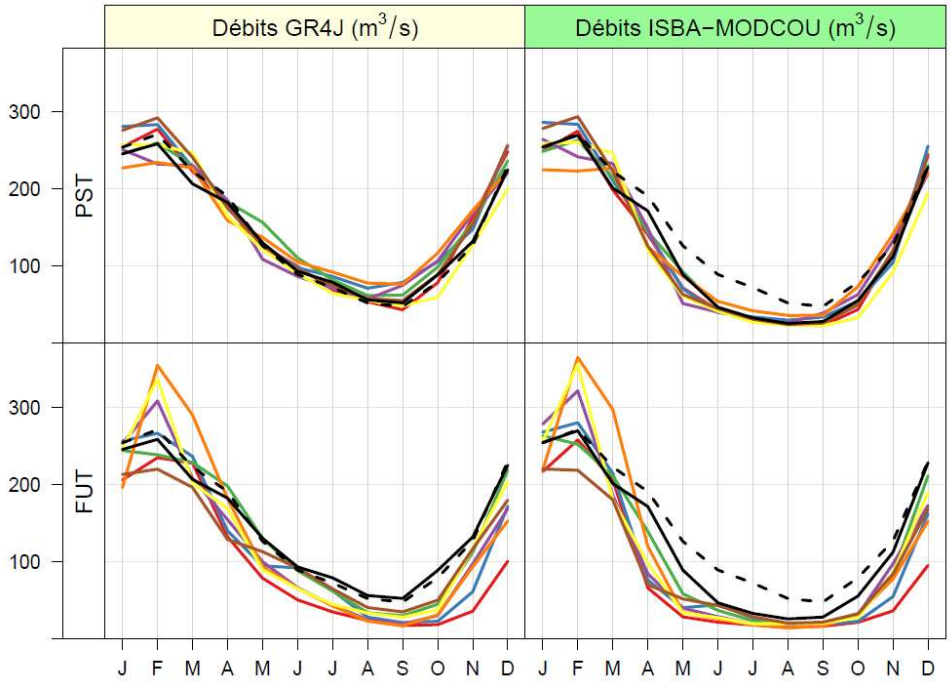


Abbildung 53: Vieljährige Monatsabflüsse, berechnet in Chooz mit den hydrologischen Modellen GR4J und ISBA-MODCOU für die Zeiträume 1961-1990 (PST) und 2046-2065 (FUT) mit den sieben Klimamodellen des EXPLORE 2070 [09]-Projekts (farbige Kennzeichnung) – Die beobachteten Abflüsse sind schwarz gestrichelt dargestellt.

ÉTIAGES							
		VCN10		VCN30		QMNA	
2 ans	Qobs POD (m^3/s)	**31,1**		**34,5**		**37**	
	Qsim (climat obs) POD (m^3/s)	28,2	14,3	31,8	17	34,7	18,9
	min (%)	−61	−13	−64	−28	−65	−31
	Δ med (%)	−55	−9	−56	−19	−57	−23
	max (%)	−28	−3	−31	−8	−32	−14
5 ans secs	Qobs POD (m^3/s)	**22,1**		**24,8**		**26,1**	
	Qsim (climat obs) POD (m^3/s)	18	12,6	19,9	13,8	21,3	15,1
	min (%)	−60	−13	−62	−19	−61	−23
	Δ med (%)	−53	−9	−55	−11	−55	−16
	max (%)	−34	−3	−36	−8	−36	−11
10 ans secs	Qobs POD (m^3/s)	**18,5**		**20,8**		**21,8**	
	Qsim (climat obs) POD (m^3/s)	14,2	11,8	15,6	12,4	16,5	13,4
	min (%)	−59	−10	−61	−15	−60	−19
	Δ med (%)	−50	−0	−53	−6	−53	−12
	max (%)	−37	+8	−38	−1	−38	−8

Abbildung 54: Mittel-, Mindest- und Höchstwert der relativen Entwicklungen des NM10Q, NM30Q und NMoNQ in Chooz zwischen den Zeiträumen 1961-1990 und 2046-2065, berechnet mit dem Modell GR4J (gelb) und dem Modell Modcou (grün) mit den sieben Klimamodellen des EXPLORE 2070-Projekts (09)

10.2.3 Wallonie

Es gab keine neue Studie für die Bewertung der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf die Abflüsse der Fließgewässer.

Die Wallonische Region hat eine Studie zur Anpassung an den Klimawandel (10) nach sieben Themenbereichen durchgeführt: Landwirtschaft, Wasser, Infrastrukturen/Raumordnung, Gesundheit, Energie, Biodiversität und Wald. Dank einer breit angelegten Anhörung von Fachleuten konnten die wichtigsten Maßnahmen herausgearbeitet werden, die es für eine Anpassung der Wallonischen Region an den Klimawandel umzusetzen gilt (10). Diese Studie (10) stützt sich auf eine Bestandsaufnahme auf europäischer Ebene, die Auswahl von Szenarien zur Bestimmung der Anfälligkeit der Wallonie und die Frage, wie eine Anpassung mit Hilfe eines Aktionsplans möglich ist.

10.2.4 Deutschland

Das Land Nordrhein-Westfalen betreibt seit 2011 ein Klimafolgen-Monitoring mit insgesamt 30 Indikatoren aus 7 Umweltbereichen.

Um die möglichen Einflüsse des Klimawandels auf den Wasserhaushalt beschreiben zu können, werden regelmäßig Daten insbesondere zu Niederschlag, Gewässertemperatur, Evapotranspiration, Grundwasserstand und Grundwasserneubildung, zur klimatischen

Wasserbilanz (der Differenz zwischen Niederschlag und Evapotranspiration) und zum mittleren Abfluss der Gewässer erhoben.

Bis Ende 2019 zeigten sich in diesem Zusammenhang die folgenden Trends:

- Die Winterniederschläge steigen, die mittlere und die maximale Gewässertemperatur steigt, der mittlere Jahresabfluss der Gewässer sinkt, der Grundwasserstand (Jahresmittel, sowie Sommer und Winter) sinkt, die Grundwasserneubildung sinkt und die Evapotranspiration (Jahresmittelwert) steigt.

Das Fachinformationssystem kann eingesehen werden unter: https://www.lanuv.nrw.de/kfm-indikatoren/index.php?mode=liste&aufzu=0,

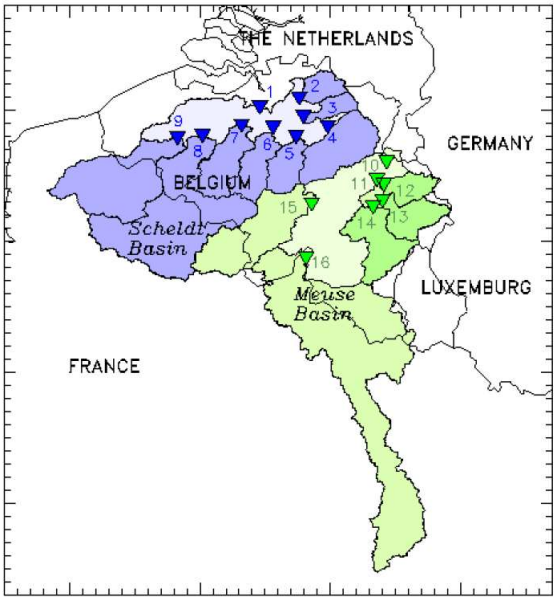
Der Bericht für das Jahr 2016 (11) ist unter

https://www.lanuv.nrw.de/fileadmin/lanuvpubl/3_fachberichte/fabe74.pdf verfügbar.

10.2.5 Flandern

Der Bericht „Aktualisierung und Präzisierung der für Flandern bis 2100 vorhergesagten Klimaszenarien“ (12) verfügbar auf der Webseite www.milieurapport.be, führt die über den Klimawandel vorhandenen Kenntnisse zusammen und interpretiert diese mit dem Ziel, eine möglichst ausgedehnte Weitergabe der Informationen in Flandern sicherzustellen.

Kapitel 4 des Berichts gibt einen Überblick über die wichtigsten Schlussfolgerungen der vorhandenen Studien zu den potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer und nimmt hinsichtlich des Maaseinzugsgebiets Bezug auf die im Rahmen des von der Katholischen Universität Löwen und dem Königlichen Meteorologischen Institut von Belgien durchgeführten Forschungsprojekts „CCI-HYDR“ erzielten Ergebnisse (vgl. Abbildung Nr. 55 aus dem Artikel „Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments“ (13)).



	Watershed	Outlet	Area (km^2)
			Scheldt Basin
1	Scheldt	Antwerp	18801
2	Kleine Nete	Grobbendonk	590
3	Grote Nete	Hulshout	468
4	Demer	Diest	1908
5	Dijle	Wilsele	896
6	Zenne	Eppegem	1096
7	Dender	Confluence	1389
8	Bovenschelde	Asper	5810
9	Leie	St Baafs	3506
			Meuse Basin
10	Meuse	Visé	20588
11	Ourthe	Angleur	3627
12	Vesdre	Confluence	708
13	Amblève	Martinrive	1068
14	Ourthe	Tabreux	1616
15	Sambre	Namur	1964
16	Meuse	Chooz	10120

Abbildung 55: Im Rahmen des CCI-HYDR-Projekts berechnete Stationen (13)

Die für diese Studie vorgenommenen Abflusssimulationen stützen sich auf das Modell SCHEME (SCHEldt-MEuse), die Vertriebsversion des KMI-Abflussmodells (Bultot und Dupriez, 1976). Das Modell wurde in verschiedenen, die unterschiedlichen hydrologischen Bedingungen in Belgien abbildenden Einzugsgebieten von etwa 100 bis 1600 km^2 erfolgreich eingesetzt (Gellens und Roulin, 1998).

Die Struktur des SCHEME-Modell umfasst neun Landnutzungsformen mit einem Akkumulations- und Schneeschmelzmodul für jeden Nutzungstyp. Die Evapotranspiration wird auf der Grundlage des von der Vegetation abgefangenen Wassers und des Wassergehalts zweier Bodenschichten sowie der potenziellen Evapotranspiration (PET) nach der Penman-Formel berechnet. Das Oberflächenwasser wird mit einer einheitlichen Abflussganglinie simuliert, und das Grundwasser wird durch zwei Reservoirs dargestellt. Der an jeder Zelle des Netzes erzeugte Abfluss wird mit einem, das Wasserwegenetz berücksichtigenden Untermodell 1-D dem Austritt zugeführt. (vgl. Abbildung Nr. 56 [13]).

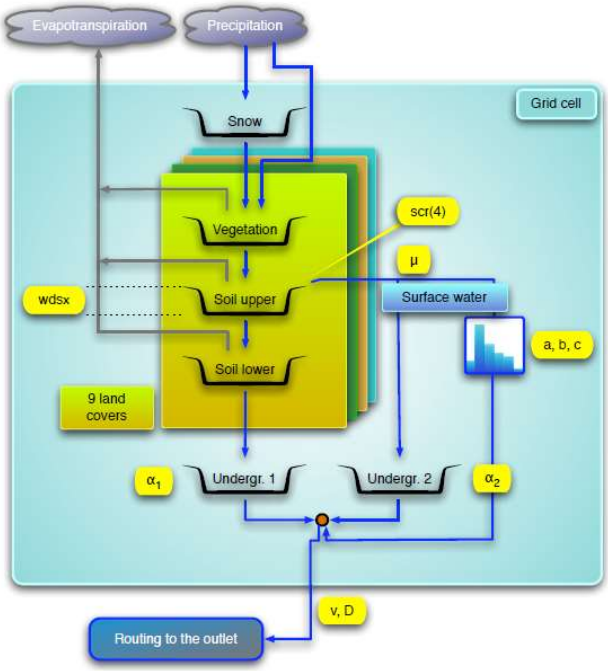


Abbildung 56 : Schema der Mechanismen des Modells SCHEME [13]

Die im Rahmen des CCI-HYDR verwendeten Klimadaten wurden ermittelt, indem die auf der Grundlage einer Variante des Delta-Change-Verfahrens beobachteten Wetterdaten umgewandelt wurden (vgl. Abbildung Nr. 57 [13]).

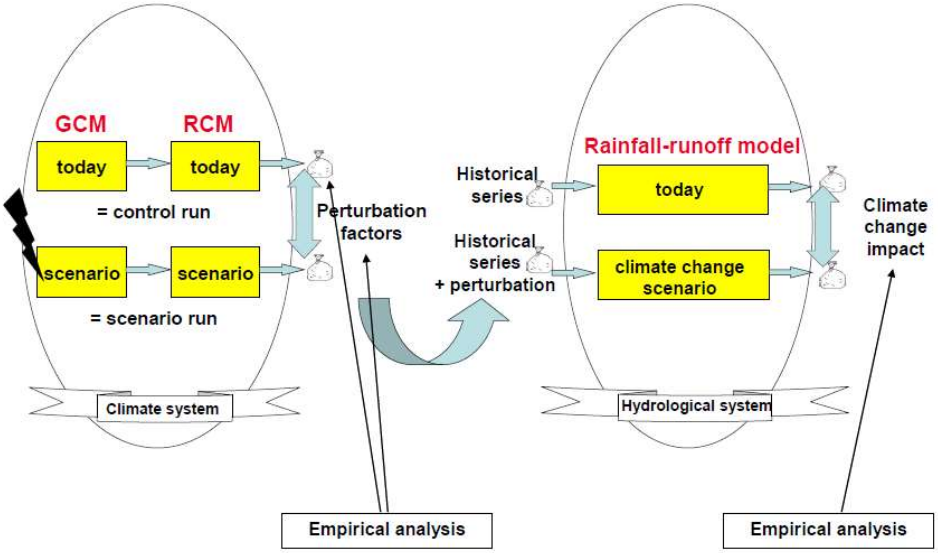


Abbildung 57: Grundsatz zur Erhebung der für die Berechnungen mit SCHEME verwendeten Klimadaten [13]

Die auf die tatsächlichen Wetterdaten angewendeten Umwandlungsfaktoren wurden aus den Ergebnissen des europäischen Projekts PRUDENCE [14] gewonnen, in dem elf RCM eingesetzt wurden, um ein dynamisches Downscaling der mit Hilfe von vier unterschiedlichen GCM nach den Treibhausgasemissionsszenarien A2 und B2 ermittelten Klimadaten durchzuführen (vgl. Tabelle Nr. 15 [13]).

Tabelle 15: Für die mit SCHEME durchgeführten hydrologischen Berechnungen verwendete Klimadaten [13]

MEMBER	SCENARIO	RESOLUTION (Km)	SCENARIO	GCM	RCM
SMHI	SMHI-MPI-A2	49	A2	ECHAM4/OPYC	RCAO
	SMHI-MPI-B2	49	B2	ECHAM4/OPYC	
	SMHI-HC-22	24	A2	HadAM3H	
	SMHI-A2	49	A2	HadAM3H	
	SMHI-B2	49	B2	HadAM3H	
KNMI	KNMI	47	A2	HadAM3H	RACMO
METNO	METNO-A2	53	A2	HadAM3H	HIRHAM
	METNO-B2	53	B2	HadAM3H	
DMI	DMI-S25	25	A2	HadAM3H	HIRHAM
	DMI-ecsc-A2	50	A2	ECHAM4/OPYC	
	DMI-ecsc-B2	50	B2	ECHAM4/OPYC	
	DMI-HS1	50	A2	HadAM3H	
	DMI-HS2	50	A2	HadAM3H	
	DMI-HS3	50	A2	HadAM3H	
ETH	ETH	55	A2	HadAM3H	CHRM
HC	HC-adhfa	50	A2	HadAM3P	HadRM3P
	HC-adhfe	50	A2	HadAM3P	
	HC-adhff	50	A2	HadAM3P	
	HC-adhfd-B2	50	B2	HadAM3P	
MPI	MPI-3005	55	A2	HadAM3H	REMO
	MPI-3006	55	A2	HadAM3H	
CNRM	CNRM-DC9	59	A2	ARPEGE	ARPEGE
	CNRM-DE5	59	A2	ARPEGE	
	CNRM-DE6	59	A2	ARPEGE	
	CNRM-DE7	59	A2	ARPEGE	
GKSS	GKSS-SN	55	A2	HadAM3H	CLM
	GKSS	55	A2	HadAM3H	CLM
ICTP	ICTP-A2	52	A2	HadAM3H	RegCM
	ICTP-B2	52	B2	HadAM3H	RegCM
UCM	UCM-A2	52	A2	HadAM3H	PROMES
	UCM-A2	52	B2	HadAM3H	

Die Abbildungen Nr. 58 und 59 zeigen die für die Stationen in Angleur (Ourthe) und in Chooz (Maas) berechnete Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt. Tabelle Nr. 16 fasst diese Ergebnisse für alle Stationen des CCH-HYDR-Projekts zusammen.

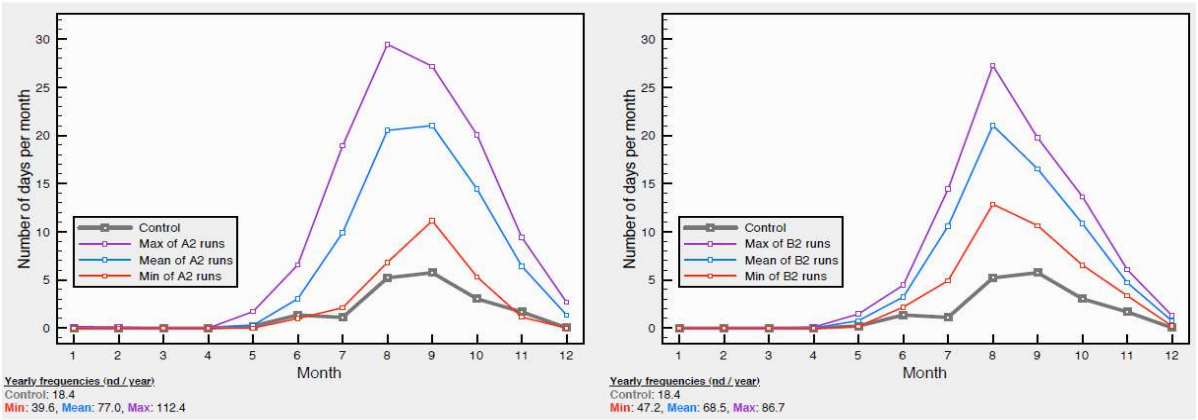


Abbildung 58: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Ourthe in Angleur Szenarien A2 links und B2 rechts [13]

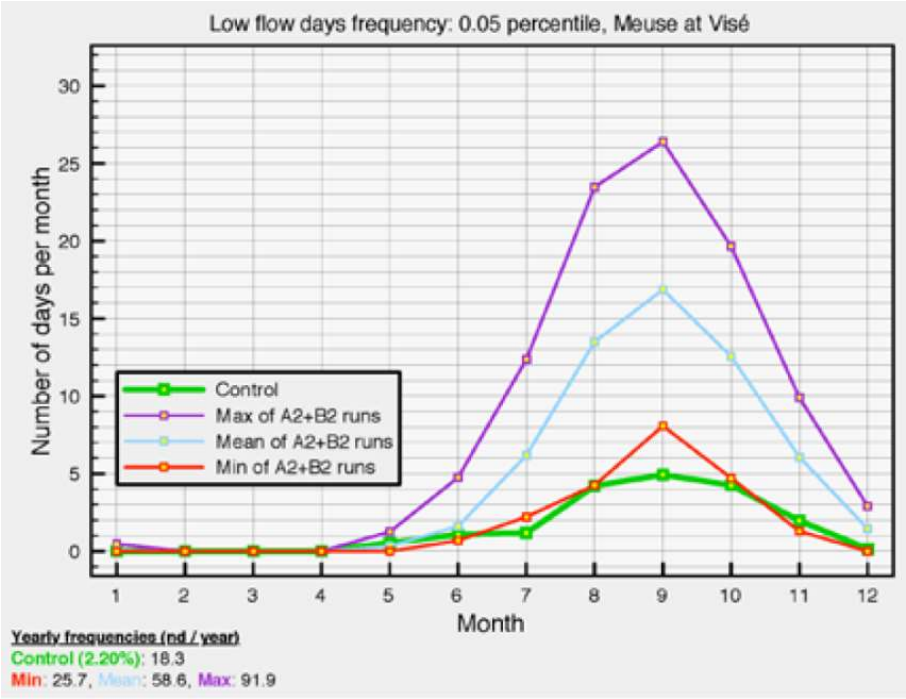


Abbildung 59: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Maas in Chooz für alle Szenarien A2 links und B2 rechts [13]

Tabelle 16: Entwicklung der Anzahl der Tage, an denen der Tagesabfluss unter dem Perzentil 0.05 liegt für die Stationen des CCH-HYDR-Projekts und sämtliche Szenarien A2 und B2 rechts [13]

		Control	Scenario			Change (%)
			Minimum	Mean	Maximum	
Scheldt	Scheldt at Antwerp	18.5	26.6	60.3	95.1	225.9
	Scheldt at Asper	18.4	24.9	54.5	90.2	196.2
	Demer at Diest	18.3	31.0	60.8	94.7	232.2
	Dendre	18.6	29.8	60.3	89.4	224.2
	Dijle at Wilsele	18.4	19.5	93.8	156.5	409.8
	Grote Nete at Hulshout	18.3	28.1	55.6	84.1	203.8
	Kleine Nete at Grobbendonk	18.3	24.5	53.2	81.3	190.7
	Leie at St Baafs	18.5	15.8	42.8	73.6	131.4
	Zenne at Eppegem	18.4	28.1	73.1	113.8	297.3
Meuse	Ambleve at Martinrive	18.4	43.0	88.0	130.8	378.3
	Meuse at Chooz	18.5	20.9	48.4	77.5	161.6
	Ourthe at Angleur	18.4	39.6	74.9	112.4	307.1
	Ourthe at Tabreux	18.3	35.2	71.2	105.4	289.1
	Sambre at Namur	18.4	29.8	56.7	86.0	208.2
	Vesdre	18.6	30.4	58.7	92.4	215.6
	Meuse at Visé	18.3	25.7	58.6	91.9	220.2

11. Schlussfolgerungen und Empfehlungen

11.1 Abflüsse

Niedrigwasserereignisse sind – ebenso wie Hochwasserereignisse - natürliche hydrologische Ereignisse, die in unregelmäßigen Zeitabständen mit unterschiedlichen Intensitäten auftreten.

Die Fließgewässer des Maaseinzugsgebiets sind durch ein pluviales Abflussregime geprägt. Das bedeutet, dass die Wassermenge in der Maas und ihren Nebenflüssen im Wesentlichen niederschlagabhängig ist. Die mittleren Abflüsse erreichen ihren Höhepunkt im Winter oder im Frühjahr und sind im Spätsommer / Herbst aufgrund des sommerbedingten Niederschlagsrückgangs und der durch die Temperatur und das Pflanzenwachstum erhöhten Verdunstungsintensität am niedrigsten.

Phasen, während derer sich die Niedrigwasserereignisse der Fließgewässer des Maaseinzugsgebiets wiederholen, hat es schon immer gegeben und wird es immer geben, beispielsweise die extrem trockenen Jahre 1964 und 1976.

Die Staaten und Regionen im Maaseinzugsgebiet (Deutschland, Frankreich, Luxemburg, Flandern, Wallonie und Niederlande) nutzten bislang unterschiedliche hydrologische Parameter für die Niedrigwasserbeobachtung und -überwachung. Die internationale Zusammenarbeit erfordert jedoch, dass man sich für die Charakterisierung des Phänomens Niedrigwasser auf der Ebene des Einzugsgebiets auf einen gemeinsamen Parameter und gemeinsame Schwellenwerte einigen kann. Nach einem Vergleich der am häufigsten verwendeten hydrologischen Parameter haben sich die Mitglieder der Arbeitsgruppe Hydrologie-Hochwasser für die Überwachung der Niedrigwasserereignisse auf die Verwendung des mittleren Abflusses über die letzten sieben Tage M7Q verständigt.

Die Staaten und Regionen im Maaseinzugsgebiet haben sich ebenfalls auf eine fünfstufige Klassifizierung für die Darstellung der Intensität des Niedrigwassers geeinigt, die auch von den beiden Flusskommissionen Rhein (IKSR) und Mosel-Saar (IKSMS) verwendet wird, wobei die Schwellenwerte auf der Grundlage der statistischen Daten des Parameters NM7Q festgelegt wurden. NM7Q ist das niedrigste arithmetische Mittel, das über sieben aufeinanderfolgende Tage über einen gegebenen Zeitraum berechnet wurde, im vorliegenden Fall über ein Kalenderjahr (Abbildung 60).

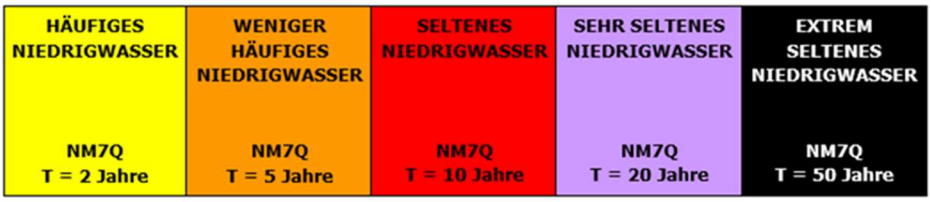


Abbildung 60: Für die Bewertung der Intensität des Niedrigwassers verwendete Abflussschwellenwerte

Das Auftreten von Niedrigwasserereignissen ist ein natürlicher Prozess, der hauptsächlich durch ein Niederschlagsdefizit ausgelöst wird, das aufgrund des Klimawandels in Zukunft wahrscheinlich häufiger auftreten wird. Die Analyse zeigt, dass sich neben dem Niederschlagsdefizit die Nutzung der Oberflächengewässer für anthropogene Aktivitäten (Entnahmen und Umleitungen) ebenfalls auf das Ausmaß der Niedrigwassersituationen auswirkt.

Im Einzugsgebiet nimmt diese Nutzung mit der Bevölkerungsdichte und der wirtschaftlichen Aktivität auf einen Süd-Nord-Gradienten zu, was zu einem verstärkten Rückgang der Abflüsse bei Niedrigwasser führt.

Empfehlungen:

a) Die Ergebnisse der wöchentlichen Niedrigwasserüberwachung in der IMK sind bislang ausschließlich den in den Staaten und Regionen im Maaseinzugsgebiet benannten Fachleuten zugänglich. Eine weitere Verbreitung dieser Ergebnisse in der Öffentlichkeit über die IMK-Internetseite nach noch festzulegenden Modalitäten erscheint zweckdienlich, um das Bewusstsein der Anrainer für die Bedeutung des Phänomens zu entwickeln.

b) Für die gemeinsame wöchentliche Niedrigwasserüberwachung in der IMK gibt es zwar über den gesamten Verlauf des Maas-Hauptstroms verteilte Abflussmessstellen, mit Hilfe derer die Abflussentwicklung in den einzelnen Anrainerstaaten und -regionen verfolgt werden kann. Das gilt jedoch noch nicht für ihre grenznahen (grenzbildenden / grenzüberschreitenden) Nebenflüsse, die entweder noch nicht in das Monitoring integriert wurden oder wo ein Monitoring nur für einen Teil ihres Verlaufs erfolgt. Eine Erweiterung des gemeinsamen Niedrigwasser-Überwachungsnetzes auf die grenznahen(überschreitenden) Nebenflüsse der Maas könnte von Nutzen sein, um das Wissen in diesem Bereich zu vertiefen.

11.2 Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf den chemischen und den ökologischen Zustand der Wasserkörper an den Grenzen

Eine Niedrigwassersituation ist eine normale Phase des natürlichen hydrologischen Kreislaufs der Fließgewässer. Unter dieser Bedingung sind die biologischen Prozesse und die ökologischen Gleichgewichte entstanden, und die Organismen haben Anpassungsstrategien entwickelt, um diesen Phasen hoher Belastung standzuhalten. Die Veränderungen treten aufgrund von durch menschliche Aktivitäten verursachten Störungen auf – beispielsweise Wasserentnahmen, Einleitungen oder Stauanlagen. Diese Veränderungen können die durch das Niedrigwasser hervorgerufene Belastung verschärfen und die natürlichen Gleichgewichte gefährden. Mögliche Folgen sind die Unterbrechung der ökologischen Durchgängigkeit oder ein erheblicher Rückgang des Sauerstoffgehalts im Wasser, die zusätzliche Erwärmung des Wassers, reduzierte Fließgeschwindigkeiten oder die Schichtung der Wassersäule. Die Konzentration bestimmter Schadstoffe in den Fließgewässern kann zunehmen, aber ein direkter Zusammenhang mit den rückläufigen Abflüssen besteht nicht immer. Tatsächlich gehen in einer Niedrigwassersituation die stark niederschlagsabhängigen Zuflüsse erheblich zurück (Abflussgeschehen im urbanen Raum, diffuse Verunreinigungen aus der Landwirtschaft, etc.). Bei starken Regenfällen im Anschluss an eine lang anhaltende Dürre ist eine plötzliche Verunreinigung dennoch möglich.

Die Daten der 38 Stationen des homogenen Messnetzes (HMN) des Maaseinzugsgebiets (Entnahmehäufigkeit: jeden Monat, jedes Jahr, alle drei Jahre) können derzeit nicht in allen Fällen mit den Ergebnissen des wöchentlichen Niedrigwassermonitorings der IMK in Bezug gesetzt werden. Allerdings zeigen bestimmte Messstationen, dass die allgemeinen

physikalisch-chemischen Parameter, u.a. der Sauerstoffgehalt des Wassers, selbst bei ausgeprägten hydrologischen Ereignissen gut und stabil sein können. Es ist derzeit nicht möglich, von vornherein eine Prognose über die Wasserqualität in einer Niedrigwassersituation abzugeben, da Wasserquantität und -qualität nicht zwangsläufig miteinander verknüpft sind.

Empfehlungen:

c) Im Rahmen der Erstellung des 3. Bewirtschaftungsplans nach WRRL sollten sich die Staaten und Regionen in der IMK verstärkt darüber austauschen, bei welchen Oberflächenwasserkörpern im Grenzbereich die verringerten Abflüsse bei Niedrigwasser als ein Faktor betrachtet werden, der dafür verantwortlich ist, dass kein guter Zustand erreicht wird und welche Maßnahmen vorgesehen sind, um eine quantitative Verbesserung der Lage herbeizuführen. Auf dieser Ebene sollte künftig eine ergänzende Arbeit in der IMK durchgeführt werden.

d) Außerdem sollte gegenwärtiger und künftiger bi- oder trilateraler Koordinierungsbedarf auf dem Gebiet des Krisenmanagements bei einem außergewöhnlichen Niedrigwasserereignis geprüft werden.

e) Es empfiehlt sich, die Analyseergebnisse bezüglich der Verbindung zwischen den Niedrigwasserereignissen und dem Zustand der Oberflächenwasserkörper an den Grenzen für die Aktualisierung des übergeordneten Bewirtschaftungsplans der internationalen Flussgebietseinheit Maas zu berücksichtigen und diese Arbeiten bei jedem Umsetzungszyklus der Wasserrahmenrichtlinie erneut vorzunehmen.

f) Es ist zu prüfen, ob die Messnetze zur Beantwortung der hier aufgeworfenen Fragen rund um Niedrigwasser geeignet sind. Außerdem ist es ratsam, eine detailliertere Analyse auf der Grundlage möglichst vollständiger Zeitreihen und gegebenenfalls für weitere Parameter durchzuführen. Die kontinuierlichen Messreihen eignen sich bestens für diese Übung.

g) Um die Ergebnisse der Qualitätsüberwachung im Maaseinzugsgebiet mit der hydrologischen Situation der Fließgewässer in Bezug setzen zu können, ist es ratsam, jede Erweiterung des derzeitigen gemeinsamen Niedrigwassermonitoringnetzes der IMK mit der Lokalisierung der Stationen des homogenen Messnetzes (HMN) des Maaseinzugsgebiets zu koordinieren.

11.3 Auswirkungen der Niedrigwasserstände auf die verschiedenen Nutzungen der Oberflächengewässer

Die Maas wird zu mehreren Zwecken genutzt (Trinkwasserversorgung, Schifffahrt, Industrie, Landwirtschaft), für die der Bedarf vom Ober- zum Unterlauf in dem Maße zunimmt, als die natürlichen Abflüsse aufgrund der Ausweitung des Maaseinzugsgebiets und der Einträge aus den Nebenflüssen ansteigen.

Der Unterschied zwischen den natürlichen Abflüssen und den niedrigsten gemessenen Abflüssen (NM7Q) nimmt in Richtung Unterlauf zu, was einem Anstieg des Wasserverbrauchs in eben dieser Richtung entspricht.

Diese menschlichen Tätigkeiten können ebenfalls durch die Niedrigwasserereignisse beeinträchtigt werden, beispielsweise wenn Entnahmen zu Trinkwasser- oder Industriezwecken eingeschränkt werden müssen.

Die Wasserentnahmen oder -ableitungen, die eine grenzüberschreitende Auswirkung auf die Niedrigwasserabflüsse der Maas haben können, sind bereits Gegenstand internationaler Übereinkommen. Darüber hinaus ergreifen die Länder und Regionen im Einzugsgebiet der Maas auch Bewirtschaftungsmaßnahmen hinsichtlich des Wasserverbrauchs in ihrem Hoheitsgebiet, um mit Niedrigwassersituationen fertig zu werden.

Projekte für die Speicherung, Entnahme oder Ableitung von Oberflächenwasser, die den Niedrigwasserabfluss in den anderen Staaten oder Regionen des Einzugsgebiets flussaufwärts oder flussabwärts signifikant reduzieren könnten, werden im Rahmen von Umweltverträglichkeitsprüfungen gemäß der EU-UVP-RL[8] koordiniert, so dass zwischen den betroffenen Parteien Einvernehmen erzielt werden kann.

Empfehlungen:

h) Die Staaten und Regionen in der IMK sollten sich über relevante nationale Projekte mit voraussichtlichen grenzüberschreitenden Auswirkungen auf die Abflüsse der Maas und / oder ihrer Nebenflüsse rechtzeitig informieren, auch wenn diese im Rahmen von bilateralen Absprachen und der Umsetzung der UVP-RL koordiniert werden.

[8] Richtlinie 2011/92/EU über die Umweltverträglichkeitsprüfung bei bestimmten öffentlichen und privaten Projekten

11.4 Potenzielle Auswirkungen des Klimawandels auf die Entwicklung der Niedrigwasserabflüsse

Die Studien über die potenziellen Auswirkungen des Klimawandels auf den Wasserhaushalt der Fließgewässer des Maaseinzugsgebiets liefern nicht immer Informationen über die Entwicklung des derzeit in der IMK als Bezugsgröße verwendeten Parameters NM7Q oder erlauben nicht immer die Bewertung der Unsicherheiten der beim Ergebnisvergleich oder bezüglich der zeitlichen Abflussentwicklung genutzten hydroklimatischen Modellketten.

Gleichwohl zeigen alle diese unabhängig voneinander und mit unterschiedlichen hydrologischen Modellen und Klimamodellen durchgeführten Studien, dass **selbst unter Zugrundelegung der optimistischsten Szenarien für die Reduzierung der Treibhausgasemissionen künftig ein Rückgang der Abflüsse bei Niedrigwasser zu erwarten ist**.

Um diesen Veränderungen zu begegnen, haben sich alle Staaten und Regionen des Maaseinzugsgebiets mit der Ausarbeitung und/oder Umsetzung von Plänen zur Anpassung an den Klimawandel auf ihrem Hoheitsgebiet beschäftigt.

Empfehlungen:

i) Um einerseits die gegenwärtige Situation und andererseits die Veränderungen auf die Ökosysteme und die Nutzungen infolge des Temperaturanstiegs sowie des wahrscheinlichen Abflussrückgangs der Fließgewässer besser einschätzen zu können, wird empfohlen, ein kontinuierliches Monitoring der Temperatur der Oberflächengewässer im Maaseinzugsgebiet zu entwickeln.

j) Es ist ebenfalls ratsam, in der Arbeitsgruppe „Hydrologie-Hochwasser“ der IMK den regelmäßigen Informations- und Erfahrungsaustausch über die Studienprojekte bezüglich der potenziellen Auswirkungen des Klimawandels zu den künftigen oder laufenden Projekten (beispielsweise CHIMERE 21) fortzuführen.

Literaturliste / Referenzen

(01) European Commission, 2009 - Technical Report – 2009-027 – Common implementation strategy for the water framework directive (2000/60/EC) – Guidance document n°20 on exemptions to the environmental objectives.

(02) European Commission, 2008 - Technical Report – 2008-023 – Drought management plan report including agricultural, drought indicators and climate change aspects.

(03) European Commission, 2008 - Technical Report – 2008-023 - CIS Water Scarcity and Droughts Expert Network

(04) De Wit, Marcel, 2008: Van regen tot Maas. Une gestion transnationale de l'eau par temps sec et humide

(05) AMICE 2010 - Analysis of climate change, high-flows and low-flows scenarios on the Meuse basin: http://amice-project.eu

(06) Haylock et al., 2008 - European Climate Assessment & Dataset project

(07) KNMI (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut), 2015: KNMI'14 climate scenarios for the Netherlands – Revised edition

(08) F. Sperna Weiland, M. Hegnauer, L. Bouaziz, JJ. Beersma - Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut - Implications of the KNMI'14 climate scenarios for the discharge of the Rhine and Meuse - Comparison with earlier scenario studies

(09) P. Stollsteiner, 2012 - Changement climatique - EXPLORE 2070 - BRGM/RP-61483-FR-vol 1.

(10) Agence wallonne de l'air et du climat, 2011 - L'adaptation au changement climatique

en région wallonne

https://www.awac.be/pdf/media/d45dc9_97c534cbdfdafc54dcee21feeea9f51c.pdf

(11) Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, 2016 - Klimawandel und Klimafolgen in Nordrhein-Westfalen - Ergebnisse aus den Monitoringprogrammen 2016 - LANUV-Fachbericht 74

(12) MIRA, 2015 - Actualisatie en verfijning klimaatscenario's tot 2100 voor Vlaanderen, Milieurapport Vlaanderen Onderzoeksrapport MIRA/2015/01

(13) Baguis P., Roulin E., Willems P., Ntegeka V., 2010 - Climate change and hydrological extremes in Belgian catchments - Hydrology and Earth System Sciences Discussions

(14) Christensen et al., 2007 - Prediction of Regional scenarios and Uncertainties for Defining EuropeaN Climate change risks and Effects - http://prudence.dmi.dk