



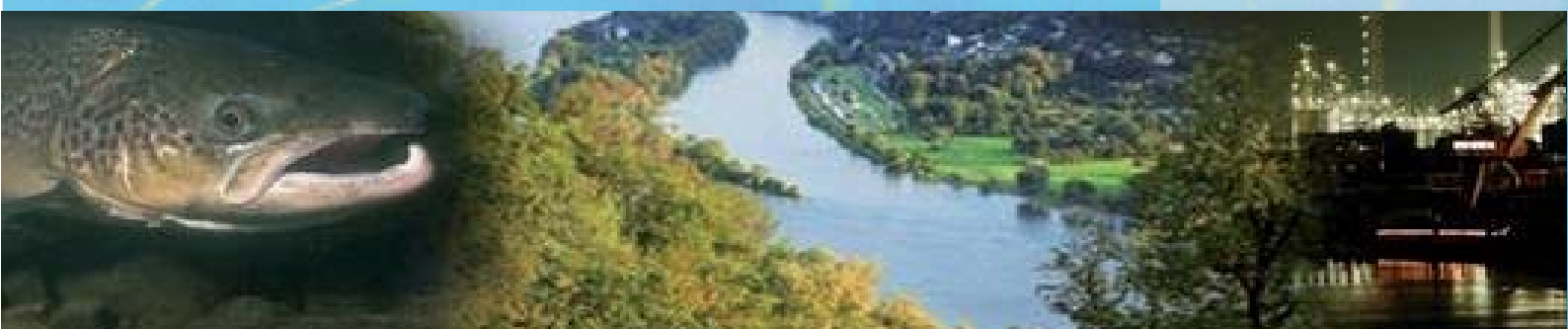
ICBR-laagwater monitoring aan de Rijn en in het Rijnstroomgebied

Internationale
Kommission zum
Schutz des Rheins

Commission
Internationale
pour la Protection
du Rhin

Internationale
Commissie ter
Bescherming
van de Rijn

Rapport Nr. 261



Colofon**Uitgegeven door de**

Internationale Commissie ter Bescherming van de Rijn (ICBR)

Kaiserin-Augusta-Anlagen 15, 56068 Koblenz, Duitsland

Postbus 20 02 53, 56002 Koblenz, Duitsland

Telefoon: +49-(0)261-94252-0, fax +49-(0)261-94252-52

E-mail: sekretariat@iksr.de

www.iksr.org

© IKSР-CIPR-ICBR 2019

ICBR-laagwatermonitoring aan de Rijn en in het Rijnstroomgebied

1. Inleiding

De Rijnsoeverstaten zijn op basis van de in 2018 gepubliceerde ICBR-inventarisatie van laagwatergebeurtenissen in het internationaal Rijndistrict gekomen tot een gedeeld begrip van laagwatersituaties en de grensoverschrijdende effecten van laagwater (zie ICBR-rapport 248 [hier](#)).

Laagwater heeft directe gevolgen voor de waterkwaliteit, de ecologie en de gebruiksfuncties en moet daarom in de toekomst intensief worden gemonitord in het internationale Rijnstroomgebied.

De expertgroep Laagwater (EG LW) heeft daarom in 2018 het initiatief genomen om in nauwe samenwerking met de BfG een **ICBR-laagwatermonitoring** te ontwikkelen in het kader van het UNDINE-portaal van de BfG (zie [hier op UNDINE](#)). In deze monitoring is ook al het laagwater van 2018 meegenomen.

Zodra de site wordt vrijgegeven door de ICBR, zal de monitoring via een kaart van het gehele stroomgebied (met vermelding van de meetpunten aan de Rijn) van het internationaal Rijndistrict die op de startpagina staat (www.iksr.org) online gaan en worden gelinkt aan het UNDINE-portaal.

Met de uniforme laagwatermonitoring voor de gehele Rijn kunnen actuele laagwatergebeurtenissen direct worden vergeleken en geclassificeerd, en mogelijke veranderingen in de laagwateromstandigheden worden gedetecteerd.

Om het optreden van laagwater te monitoren en om historische afvoerreeksen te onderzoeken op het voorkomen van laagwater, zijn er drempelwaarden nodig die definiëren wanneer en eventueel in welke mate (intensiteit) er sprake is van laagwater.

2. Afleiding van een classificatie van laagwateromstandigheden

Er is sprake van laagwater wanneer de actuele afvoer lager is dan een riviertypische drempelwaarde. Als vergelijkende waarde kan daarbij gebruik worden gemaakt van vaste drempelwaarden (dit zijn meestal langjarige MNQ's¹ of soortgelijke parameters), of van in de tijd (in de regel per maand) variërende parameters. Om de omvang van het bekeken laagwater te differentiëren, zijn er opeenvolgende drempelwaarden nodig waarmee de laagwatergebeurtenis kan worden geclassificeerd van "normaal" tot "extreem". Teneinde een synoptisch overzicht van de onderzochte meetpunten aan de Rijn te kunnen weergeven, wordt er voor de classificatie van de laagwateromstandigheden gebruik gemaakt van NM7Q²-waarden voor verschillende herhalingstijden die zijn gerelateerd aan de langjarige referentiemeetreeksen (1961-2010) van de desbetreffende meetpunten. In tabel 1 worden de geselecteerde laagwaterklassen weergegeven met hun intensiteit en naam, inclusief een kleurencode om de onderschrijding van bepaalde laagwaterdrempelwaarden af te beelden.

Er sprake is van normale laagwaterafvoeren, zolang de NM7Q met een herhalingstijd van 2 jaar nog niet is onderschreden. Als deze eerste drempelwaarde wordt onderschreden, wordt de klasse "frequent laagwater" bereikt, zolang de afvoeren niet lager zijn dan een NM7Q met een herhalingstijd van 5 jaar. Als er zich afvoeren voordoen die lager zijn dan een NM7Q met een herhalingstijd van 5 jaar, maar nog hoger dan een NM7Q met een herhalingstijd van 10 jaar, dan wordt de situatie een "minder frequent laagwater" genoemd. Als een NM7Q met een herhalingstijd van 10 jaar wordt onderschreden, is er sprake van een "zeldzaam laagwater". Onderschrijding van een NM7Q met een herhalingstijd van 20 jaar leidt tot de benaming "zeer zeldzaam laagwater". De hoogste laagwaterklasse, "extreem zeldzaam laagwater", wordt bereikt als een NM7Q-afvoer met een herhalingstijd van 50 jaar op het meetpunt in kwestie

¹ MNQ: gemiddelde laagwaterafvoer

² NM7Q: gemiddelde laagwaterafvoer over zeven opeenvolgende dagen

wordt onderschreden. Deze classificatie is in overleg met de IKSMS vastgesteld, zodat er bijvoorbeeld bij de laagwatermonitoring aan de Moezel door de IKSMS classificaties worden gebruikt die ook aan de Rijn worden toegepast. Het bijbehorende statistische onderzoek voor de afleiding van de parameters die nodig zijn voor de drempelwaarden is beschreven in ICBR-rapport 248 dat in 2018 is gepubliceerd (zie [hier](#), hoofdstuk 7.3.2.). Hier worden in tabel 8 t/m 12 de vereiste NM7Q(T)-waarden voor de meetpunten aan de Rijn genoemd.

Tabel 1: Vaststelling van laagwaterklassen

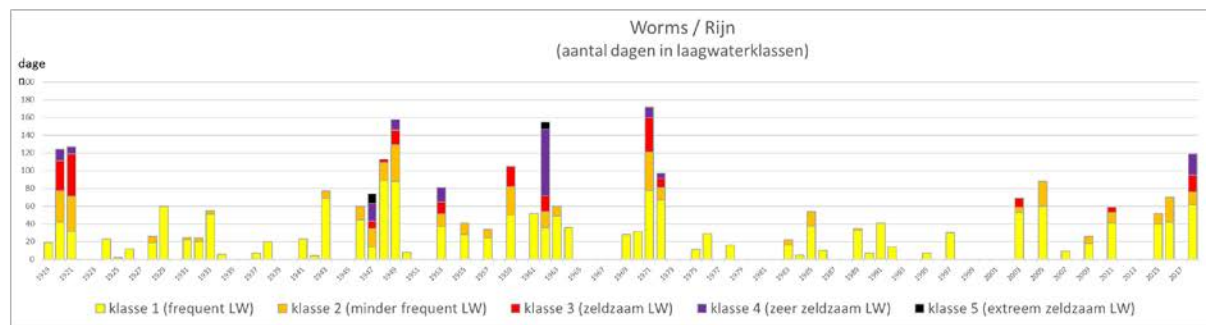
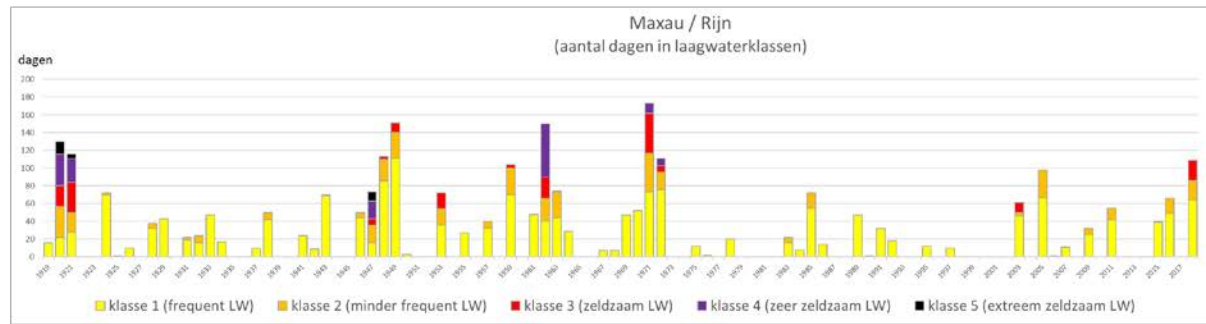
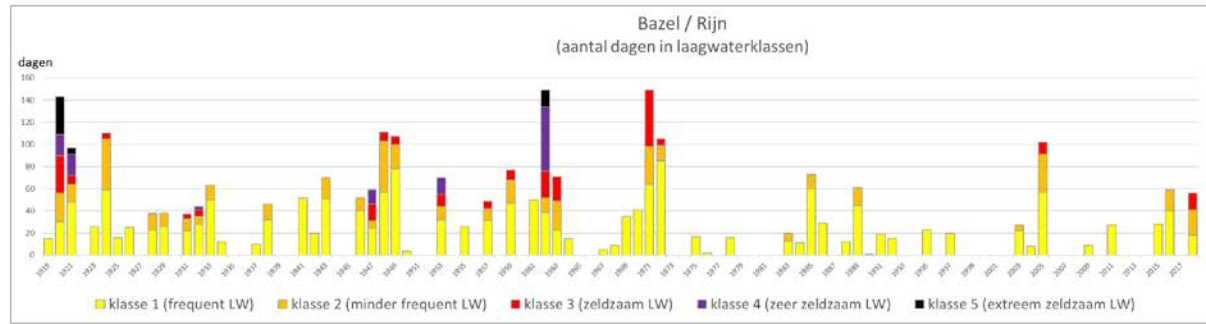
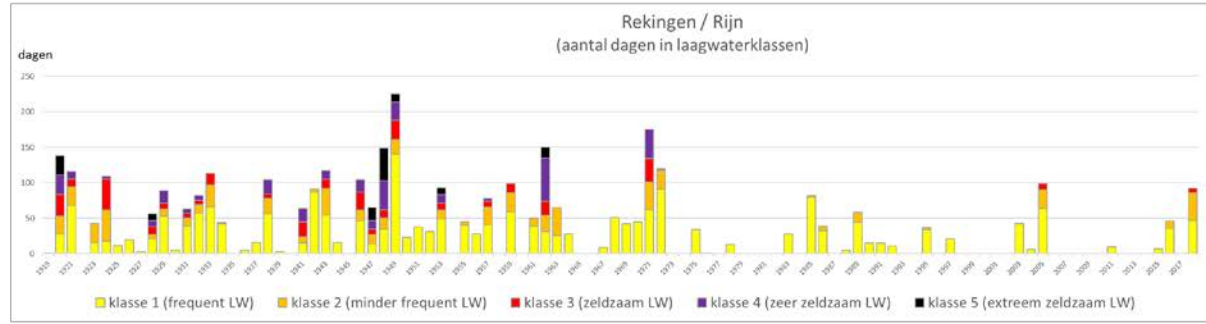
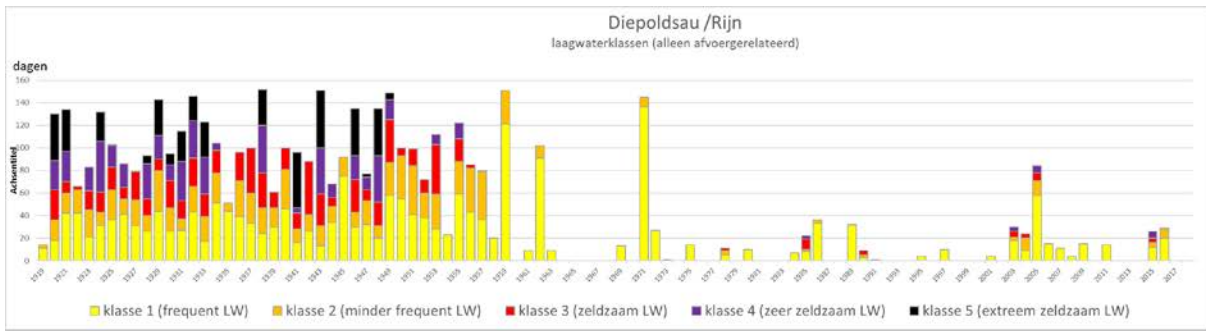
Kleur	Klasse	Intensiteit	Benaming
groen	0	$\geq \text{NM7Q}(T2)$	normaal = geen LW
geel	1	$< \text{NM7Q}(T2)$	frequent LW
oranje	2	$< \text{NM7Q}(T5)$	minder frequent LW
rood	3	$< \text{NM7Q}(T10)$	zeldzaam LW
paars	4	$< \text{NM7Q}(T20)$	zeer zeldzaam LW
zwart	5	$< \text{NM7Q}(T50)$	extreem zeldzaam LW

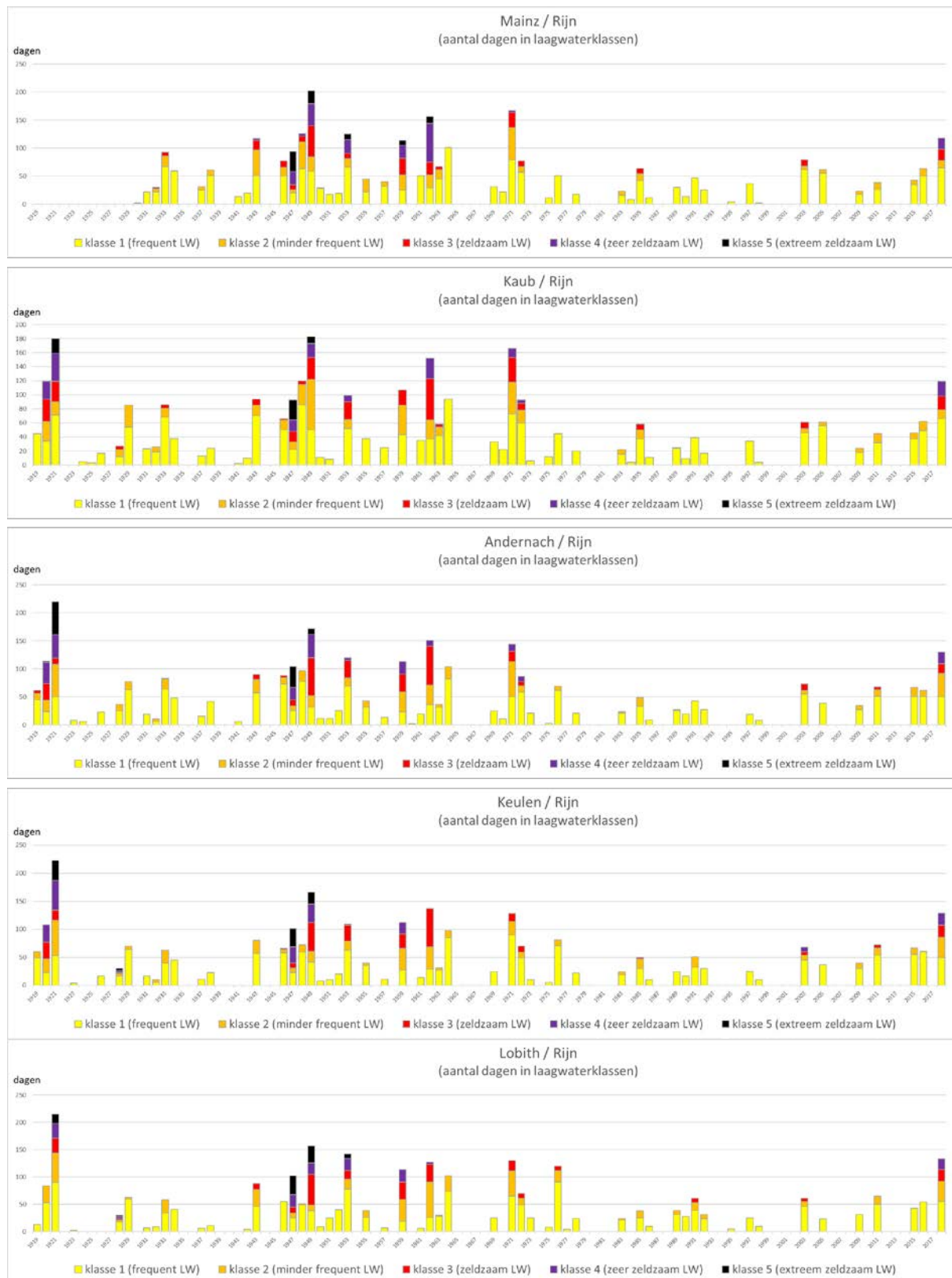
(afgestemd met de IKSMS, zie figuur 1)

Er is voor gekozen om de laagwaterdrempelwaarden niet impliciet te koppelen aan de onderschrijdingsduur van het laagwater, teneinde de drempelwaarden eenvoudig en begrijpelijk te houden. Echter, in het kader van monitoring lijkt het zinvol om naast de bereikte laagwaterklasse ook de actuele duur van de laagwateronderschrijding (in dagen) te volgen.

3. Validatie van de laagwaterclassificatie aan de hand van historische tijdreeksen

De historische tijdreeksen van de meetpunten zijn met behulp van de laagwaterclassificatie die in het voorgaande hoofdstuk is vastgelegd onderworpen aan een "retrospectieve monitoring". In figuur 1 is bijvoorbeeld voor de meetpunten Bazel, Kaub en Lobith het jaarlijkse optreden van deze laagwaterklassen inclusief het aantal onderschrijdingsdagen weergegeven. Met deze monitoring kunnen de historische laagwatergebeurtenissen die in de ICBR-inventarisatie van laagwatergebeurtenissen in het internationaal Rijndistrict (zie hoofdstuk 7.1 en bijlage 2) worden beschreven nog beter worden gevolgd. Andere gebeurtenissen, die tot dusver niet zijn beschreven, worden zichtbaar. In bijlage 4 worden de resultaten van alle onderzochte meetpunten weergegeven. Niet over het hoofd te zien zijn de hoge laagwaterklassen en de over het geheel genomen duidelijk langere laagwatergebeurtenissen in de eerste helft van de vorige eeuw. Op nagenoeg alle meetpunten treden de gebeurtenissen van 1920/1921, 1946-1949, 1962 en 1971 duidelijk op de voorgrond. De meetpunten Bazel en Kaub bereiken over de gehele periode drie keer en het meetpunt Lobith vier keer klasse 5 "extreem zeldzaam laagwater", echter wel bij verschillende gebeurtenissen. Dit kan worden verklaard door de verschillende afvoerregimes op deze meetpunten. Klasse 4 "zeer zeldzaam laagwater" wordt op het meetpunt Bazel in zes jaren, op het meetpunt Kaub in acht jaren en op het meetpunt Lobith in zeven jaren bereikt. Terwijl er op het meetpunt Bazel in drie jaren sprake was van een totale onderschrijdingsduur van 140 dagen, zijn er op het meetpunt Kaub in vier jaren duidelijk meer dan 140 onderschrijdingsdagen geteld en in twee daarvan zelfs 180. Op het meetpunt Lobith zijn er ook drie keer meer dan 140 onderschrijdingsdagen geweest, in 1921 werd er zelfs een totaal van 215 dagen bereikt. Sinds het midden van de jaren zeventig van de twintigste eeuw zijn de laagwatergebeurtenissen minder intensief. Op het meetpunt Bazel wordt in 2005 één keer klasse 3 "zeldzaam laagwater" bereikt ($T < 10$ tot 20a), op het meetpunt Kaub is dit twee keer het geval (in 1985 en in 2003) en op het meetpunt Lobith wordt klasse 3 in de jaren 1991 en 2003 bereikt. Na de duidelijk waargenomen gebeurtenis van 2003 doen er zich op het meetpunt Kaub nog vier jaren voor waarin klasse 2 "minder frequent laagwater" wordt bereikt.





Figuur 1: Retrospectieve monitoring op geselecteerde Rijnmeetpunten

In tabel 2 t/m 4 is het jaargemiddelde aantal dagen met afvoeren in de gedefinieerde laagwaterklassen tegenover elkaar geplaatst voor verschillende decennia en deelperiodes.

Tabel 2: Jaargemiddeld aantal laagwaterdagen op het meetpunt Bazel

Jaar	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
1921 - 1930	22,3	8,8	1,4	1,9	0,6
1931 - 1940	15,4	4,5	1,0	0,3	0,0
1941 - 1950	32,6	10,6	3,0	1,3	0,0
1951 - 1960	13,6	4,4	2,7	1,5	0,0
1961 - 1970	21,7	3,9	4,6	5,8	1,5
1971 - 1980	18,4	4,8	5,7	0,0	0,0
1981 - 1990	17,1	3,6	0,0	0,0	0,0
1991 - 2000	7,7	0,0	0,0	0,0	0,0
2001 - 2010	9,6	3,9	1,1	0,0	0,0
1921 - 2010	17,6	4,9	2,2	1,2	0,2
1921 - 1960	21,0	7,1	2,0	1,3	0,2
1961 - 2010	14,9	3,2	2,3	1,2	0,3

Tabel 3: Jaargemiddeld aantal laagwaterdagen op het meetpunt Kaub

Jaar	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
1921 - 1930	16,2	6,0	3,4	4,0	2,1
1931 - 1940	18,5	2,0	0,5	0,0	0,0
1941 - 1950	30,1	14,1	6,2	3,6	3,9
1951 - 1960	16,6	5,5	4,7	0,9	0,0
1961 - 1970	26,3	3,9	6,3	2,9	0,0
1971 - 1980	21,6	6,3	4,5	1,8	0,0
1981 - 1990	10,0	2,1	0,8	0,0	0,0
1991 - 2000	9,4	0,0	0,0	0,0	0,0
2001 - 2010	12,0	1,7	0,9	0,0	0,0
1921 - 2010	17,9	4,6	3,0	1,5	0,7
1921 - 1960	20,4	6,9	3,7	2,1	1,5
1961 - 2010	15,9	2,8	2,5	0,9	0,0

Tabel 4: Jaargemiddeld aantal laagwaterdagen op het meetpunt Lobith

Jaar	Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4	Klasse 5
1921 - 1930	17.0	6.0	2.9	3.1	2.0
1931 - 1940	10.8	2.4	0.0	0.0	0.0
1941 - 1950	22.6	5.3	7.8	4.4	6.5
1951 - 1960	19.5	7.1	4.8	4.5	0.8
1961 - 1970	15.9	9.5	3.2	0.4	0.0
1971 - 1980	26.6	7.9	3.6	0.0	0.0
1981 - 1990	11.5	2.4	0.0	0.0	0.0
1991 - 2000	10.2	2.2	0.8	0.0	0.0
2001 - 2010	10.0	0.9	0.6	0.0	0.0
1921 - 2010	16.0	4.9	2.6	1.4	1.0
1921 - 1960	17.5	5.2	3.9	3.0	2.3
1961 - 2010	14.8	4.6	1.6	0.1	0.0

In tabel 2 t/m 4 is voor de meetpunten vrijwel dezelfde variatie in de gemiddelde onderschrijdingsduur tussen de decennia zichtbaar. De jaren veertig van de twintigste eeuw waren veruit het meest intensieve laagwaterdecennium. In deze periode deden er zich in Bazel en Kaub ongeveer 300 dagen voor met afvoeren van klasse 1, in Lobith waren het er 226. In Bazel zijn er 106 dagen van klasse 2 geteld, in Kaub 141 en in Lobith slechts 53. Het aantal onderschrijdingsdagen van de laagwaterklassen 3 t/m 5 bedroeg in Kaub 137, veel meer dan de 43 dagen in Bazel, maar minder dan de 187 dagen in Lobith. Het decennium met verreweg de minste laagwatergebeurtenissen waren de jaren negentig van de twintigste eeuw. In Bazel was er in dit decennium op 77 dagen sprake van klasse 1 (Kaub: 94 dagen, Lobith: 102 dagen), klasse 2 werd in Bazel en Kaub niet bereikt, maar in Lobith wel op 22 dagen. In Lobith werd in de jaren negentig van de twintigste eeuw op acht dagen zelfs klasse 3 bereikt, daar was het decennium van 2001 t/m 2010 nog armer aan laagwater dan de jaren negentig.

De vergelijking tussen de deelperiode 1921-1960 en de referentieperiode 1961-2010 verduidelijkt in het bijzonder ook voor de zeldzamere laagwaterklassen 2 t/m 5 op de meetpunten Kaub en Lobith de achteruitgang in het optreden van laagwatersituaties in de recentere referentieperiode.

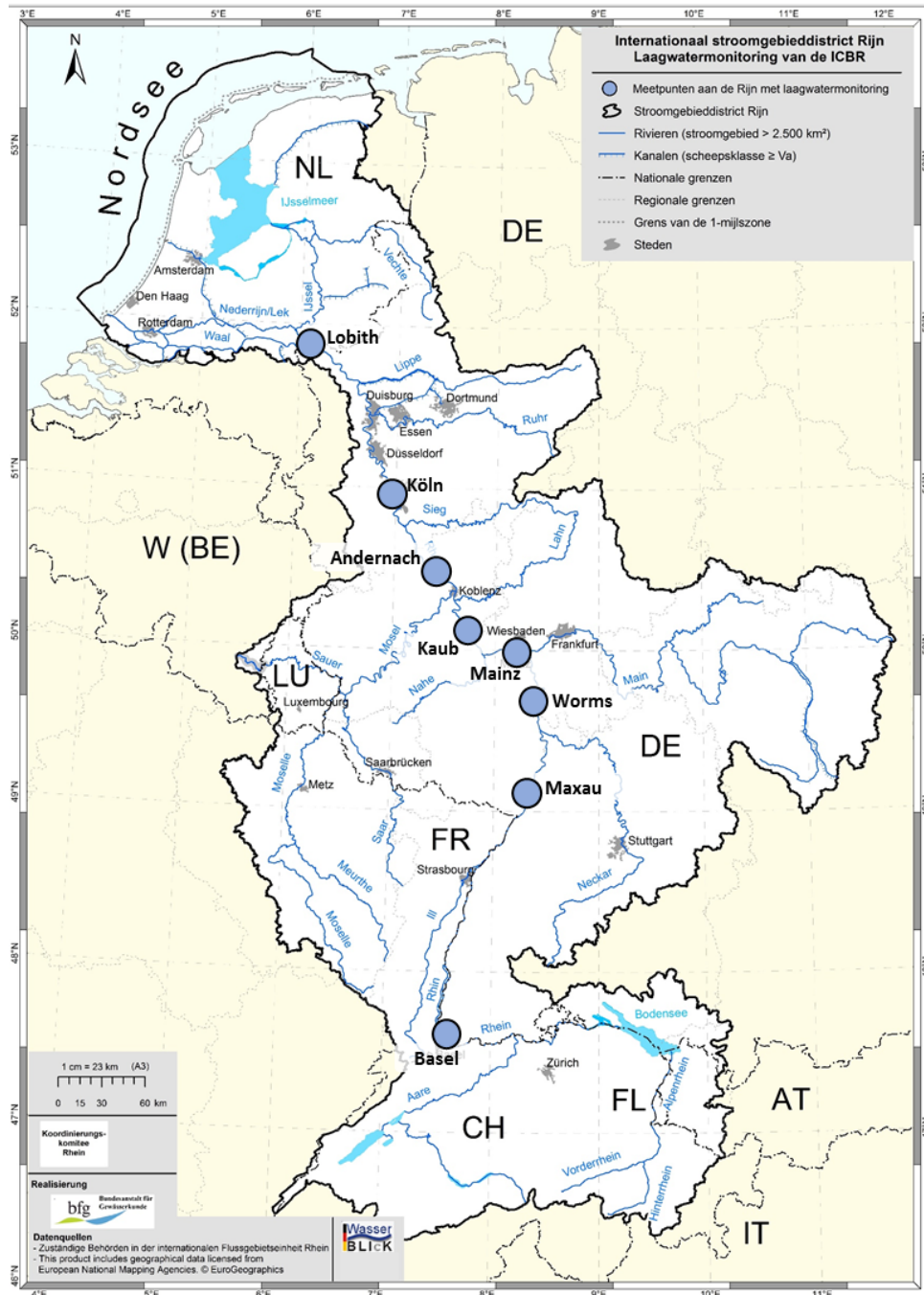
De controle van de vastgestelde laagwaterdrempelwaarden dan wel laagwaterklassen door middel van een vergelijking met de historische gebeurtenissen bevestigt de geschiktheid van deze drempelwaarden. De laagwaterdrempelwaarden zijn gevoelig genoeg om ook kleinere, maar frequentere gebeurtenissen in de afgelopen veertig jaar te detecteren en daarbij toch te onderscheiden tussen verschillende laagwaterintensiteiten. Tegelijkertijd doen de vastgestelde laagwaterklassen ook recht aan de grote historische gebeurtenissen, die natuurlijk minder vaak worden bereikt, maar vooral bij de weergave van het totale aantal dagen waarop laagwaterdrempelwaarden worden onderschreden uit het collectief springen.

Een en ander betekent dat de bevestiging kan worden gegeven dat de vastgestelde laagwaterdrempelwaarden geschikt zijn voor een toekomstige monitoring. Daarbij zou echter naast de laagwaterafvoeren ook het aantal aaneengesloten onderschrijdingsdagen moeten worden gevolgd.

4. Operationele laagwatermonitoring

Het UNDINE-platform voor de ICBR-laagwatermonitoring aan de Rijn geeft in de integrale kaartviewer een direct overzicht van de actuele laagwatersituatie aan de Rijn. De meetpunten zijn overeenkomstig de kleuren van de laagwaterklassen afgebeeld.

Voor afzonderlijke Rijnmeetpunten (zie figuur 2) is informatie afleesbaar over waterstanden, laagwaterafvoeren, hun indeling bij de laagwaterklassen conform tabel 1 en de trend in de ontwikkeling in de afgelopen vier uur. Deze informatie wordt aangevuld met informatie over de ontwikkeling van de watertemperatuur in geselecteerde kwaliteits- en evaluatiestations.



Figuur 2: Afbeelding van de meetpunten aan de Rijn voor de laagwatermonitoring

Een aandachtspunt van de BfG voor de toekomst is de integratie van het element “duur van laagwater” in het laagwatermonitorsysteem.

Bij de laagwatermonitoring is de nadruk bewust gelegd op de hoofdmeetpunten langs de Rijn. Op die manier kan in de loop van de Rijn de afvoerverandering van nivaal, over

pluvio-nivaal naar pluviaal worden gevolgd. Daardoor wordt ervoor gezorgd dat ook laagwatergebeurtenissen worden gedetecteerd die alleen in een afvoerregime optreden. Het is ook mogelijk om de verandering tussen de waterstand op het bovenstrooms gelegen meetpunt en het benedenstrooms gelegen meetpunt vast te stellen die voortvloeit uit de invloed van het hydrografische onderbekken (dit zijn stroomgebieden van grotere rivieren zoals de Neckar, de Main of de Moezel). De bevoegde landen of regionale waterdiensten voeren de hydrologische monitoring van de stroomgebieden van de zijrivieren uit overeenkomstig de specifieke regionale/nationale kwesties en eisen. Hoe kleiner de zijrivieren des te meer moet er rekening worden gehouden met de lokale en regionale antropogene invloeden. Bovendien neemt het risico van fouten bij de bepaling van de afvoeren in de zomermaanden op basis van de waterstanden duidelijk toe, bijvoorbeeld door de invloed van overwoekering door waterplanten. Dit kan leiden tot een foutenpercentage van 100% als met dit verschijnsel geen rekening wordt gehouden of dit niet wordt gecorrigeerd. Een geautomatiseerde monitoring zonder lokale kennis en correctiemogelijkheden is dus uitgesloten. De afvoergegevens van de grotere meetpunten aan de zijrivieren van de Rijn, die het dichtst bij de monding van de Rijn zijn gelegen, zijn voor het Rijngebied te vinden op de UNDINE-site van de BfG.

5. Indeling van de laagwatergebeurtenis van 2018 op basis van de ICBR-laagwatermonitoring

Volgens de ICBR-classificatie en de ICBR-laagwatermonitoring heeft de gebeurtenis van 2018 bijvoorbeeld op de meetpunten Andernach, Keulen en Lobith honderddertig dagen geduurd en liet gedurende ongeveer twintig dagen afvoeren zien die lager waren dan de afvoer die hoort bij de klasse "zeer zeldzaam laagwater". Bij de laagste afvoeren bedroeg de herhalingstijd in de Hoogrijn en de Duits-Franse Bovenrijn tot het meetpunt Maxau tien tot vijftien jaar, vanaf het meetpunt Worms en verder stroomafwaarts werd een gebeurtenis met een herhalingstijd van vijfendertig tot veertig jaar bereikt. Als de maximale onderschrijdingsduur wordt bekeken, was er in de Duits-Franse Bovenrijn t/m het meetpunt Kaub sprake van een gebeurtenis met een herhalingstijd van meer dan vijftig jaar en in de Duitse Nederrijn van Andernach tot Lobith ontwikkelde het laagwater zich wat de duur betreft tot een gebeurtenis met een herhalingstijd van ruim honderd jaar. Het laagwater heeft veel gevolgen gehad, met name voor de onttrekking en het gebruik van water, de energiesector, scheepvaart en vervoer, de industrie (bijv. het chemiebedrijf BASF dat € 250 miljoen verlies heeft geleden), maar ook voor de ecologie (vissterfte in de Hoogrijn, noodzakelijke reddingsacties voor vissen). Echter, ondanks de hoge watertemperaturen is het zuurstofgehalte in de verschillende delen van het stroomgebied hoog gebleven. Waarom dit zo was, wordt nog onderzocht.