

# Quantifizierung der Auswirkungen zukünftiger Niedrigwasser auf das Maas-Becken

WP1 Bericht - Maßnahme 7



## EINLEITUNG

Die Hitzeperiode im Jahr 2003, die einen geschätzten Wirtschaftsverlust von 13 Milliarden \$ zur Folge hatte, hat deutlich gemacht, dass Trockenheiten ein Phänomen sind, welche nicht nur auf den Mittelmeerraum in Europa beschränkt sind.

Als Auswirkung des Klimawandels steht zu erwarten, dass Niedrigwasser und Trockenheiten in Mittel- und West-Europa in Zukunft häufiger und stärker auftreten. Deshalb scheint die Bewertung der Auswirkungen zukünftiger Trockenheiten und Niedrigwasser eine Frage von entscheidender Bedeutung zu sein.

Angesichts dieser Rahmenbedingungen ist der vorliegende Bericht, der im Rahmen der Maßnahme 7 des Projekts AMICE aufgestellt wurde, der Analyse der Auswirkungen von Trockenheiten und Niedrigwasser im Maas-Becken gewidmet, mit Schwerpunkt auf 4 Wirtschaftssektoren: Energie, Landwirtschaft, Trinkwasser und Schifffahrt.

## Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Energieerzeugungsindustrie

Die Stromerzeugung in Wärmekraftanlagen sowie in Wasserkraftwerken ist stark abhängig von der Verfügbarkeit von Oberflächenwasser: Wasserkraftwerke nutzen die Gravitationskraft von fließendem Wasser zur Stromerzeugung, während Wärmekraftanlagen Wasser zu Kühlzwecken benötigen.

Im Laufe von Trockenheitsperioden kann der **Abfluss im Fließgewässer ( $Q_{\text{Mittel}}$ )** abnehmen, während ein Anstieg der **atmosphärischen Temperatur  $T_{\text{Luft}}$  (und somit der Wassertemperatur  $T_{\text{Wasser}}$ ) zu verzeichnen ist.** Diese beiden Auswirkungen in Verbindung mit der Klimaentwicklung können nachteilige Folgen bei der Energieerzeugung nach sich ziehen.

### Wärmekraftanlagen

#### ➤ Funktionsprinzipien

Wärmekraftwerke wandeln Hitze aus der Verbrennung fossiler Brennstoffe oder aus der Kernspaltung in elektrische Energie um. Das erhitzte Wasser wird zu Dampf umgewandelt, der eine Turbine in Bewegung setzt, die ihrerseits einen Stromgenerator antreibt (siehe Abbildung 1). Der Dampf wird danach durch einen Kondensator geleitet und dann dahin zurückgeführt, wo er erhitzt wurde.

In einem zweiten separaten Wasserkreislauf arbeitet der Kondensator als Wärmetauscher, in dem Kühlwasser Wärmeenergie vom Dampf aufnimmt.

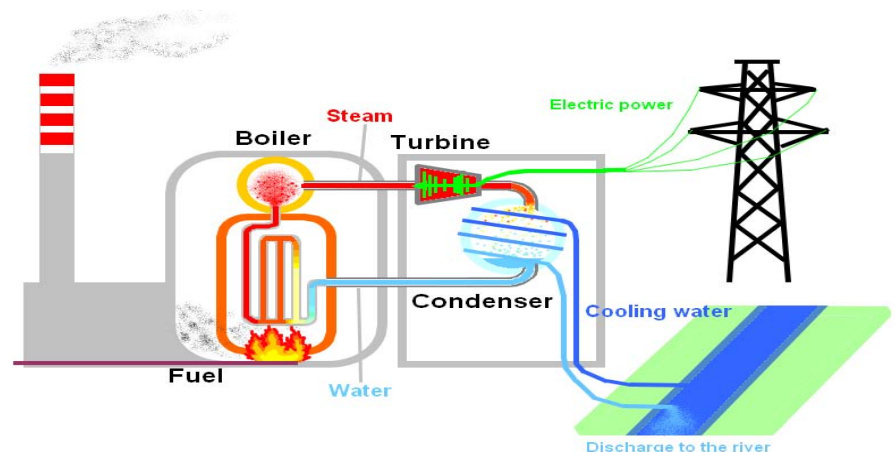


Abbildung 1. Funktionsprinzipien einer Wärmekraftanlage

Die Energieumwandlung von Hitze zu Strom funktioniert nur, wenn der Temperaturunterschied zwischen den beiden Wärmespeichern (Dampferzeuger und Kondensator) hoch genug ist.

Es gibt verschiedene Arten von Kühlkreisläufen von unterschiedlicher Effizienz. In allen Fällen verliert der Kühlprozess an Wirksamkeit, wenn die Kühlwassertemperatur ansteigt oder der Durchsatzwert sinkt. Das Kraftwerk wird daher gezwungen, mit verminderter Kapazität zu arbeiten oder zeitweise abzuschalten, wenn Temperatur-Grenzwerte überschritten werden.

Des Weiteren sind Kraftwerksbetreiber gesetzlich verpflichtet, den Kühlwasserabfluss zu kontrollieren, um die Umwelt für Flora und Fauna zu schützen, und zwar unter den Bedingungen, die in der EU-Richtlinie zum Süßwasserschutz ( 2006/44/EC) festgelegt sind.

➤ **Beurteilung der Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Stromerzeugung und finanzielle Schäden**

In der AMICE Maßnahme 3 wurde durch die Auswertung von Klimaszenarien, für die Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100, der Anstieg der Lufttemperatur im Maaseinzugsgebiet prognostiziert. Über einen Anpassungsfaktor, der die Korrelation zwischen Luft- und Wassertemperatur beschreibt, konnte somit auch für die Zukunftszeiträume der Anstieg der Gewässertemperatur für die trockenen Szenarien prognostiziert werden.

Innerhalb des Projekts AMICE wird die Verminderung der Stromerzeugung unter Verwendung des Ansatzes von Foerster & Lilliestam (2010) bewertet, der sowohl die Verminderung des Abflusses als auch die Steigerung der Wassertemperatur berücksichtigt (siehe Abbildung 2).

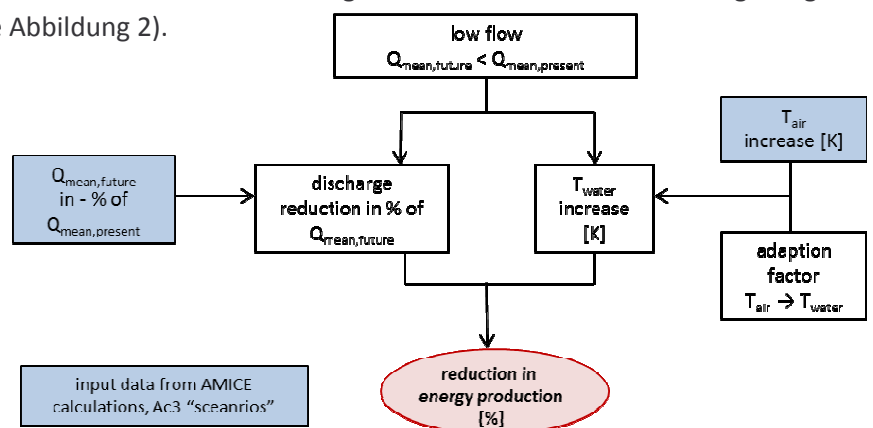


Abbildung 2. AMICE Methodologie – Berechnung der mittleren jährlichen Verminderung bei der Stromerzeugung infolge der Verringerung des Wasser-Durchsatzes und der Steigerung der Wassertemperatur

Die Monetarisierung der verminderten Energieerzeugung wird realisiert, indem der berechnete Produktions-Reduktionswert, der durchschnittliche Preis für Grundkraft an den europäischen Börsen (EPEX) und die jährliche Betriebskapazität des jeweiligen Kraftwerks (spezifische Daten des Kraftwerks) miteinander multipliziert werden.

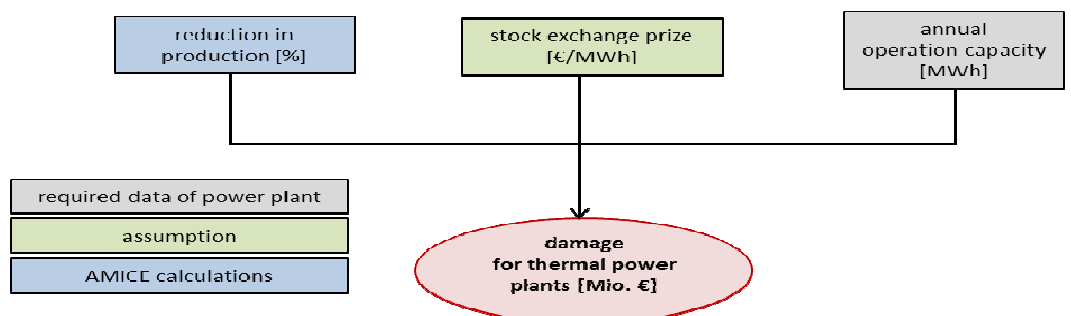
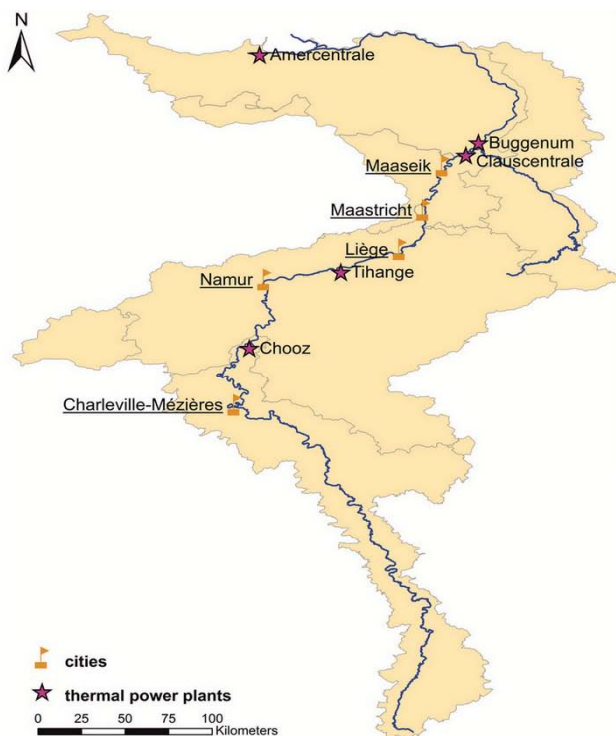


Abbildung 3. Monetisierung des Verlustes bei der Energieerzeugung wegen des Klimawandels

### ➤ Berechnung der Schäden für Wärmekraftwerke im Maas-Becken

Der durchschnittliche jährliche Schaden für jedes Kraftwerk im Maas-Becken wird für die Zeiträume 2021-2050 und 2071-2100 nach der oben beschriebenen Vorgehensweise berechnet und mit den Zahlen der heutigen Periode (1971-2000) verglichen.



	Produktionsverminderung [%]	
	2021-2050	2071-2100
<b>Chooz</b>	1.9	8.2
<b>Tihange</b>	1.95	7.5
<b>Clauscentrale</b>	2	5.82
<b>Buggenum</b>	3	8.6
<b>Amercentrale</b>	2	5.82
<b>Dongecentrale</b>	2	5.82

*Tabelle 1. Jährlicher geschätzter wirtschaftlicher Schaden für die Wärmekraftwerke im Maas-Becken*

*Bild 4. Lage der Wärmekraftanlagen im Maas-Becken*

Der zu erwartende Schaden im späten 21. Jahrhundert ist für alle Wärmekraftanlagen an der Maas viel höher als in der Mitte des Jahrhunderts, was an der stärkeren Verringerung des Abflusses und am höheren Temperaturanstieg liegt.

Die Atomkraftwerke in Chooz und Tihange, die mit einer jährlichen Betriebskapazität von über 20 GWh bei Weitem die höchsten Leistungsolls haben, sind logischerweise im Hinblick auf finanzielle Schäden am stärksten betroffen.

## Wasserkraftwerke

### ➤ Methodologie zur Bewertung der Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Wasserkraft

Wasserkraft nutzt die potenzielle Energie von Wasser, das in Becken gespeichert wird (die manchmal durch Staudämme geschaffen wurden), um Turbinen anzutreiben und so Strom zu erzeugen. Die beiden Parameter Abfluss (Q) [m<sup>3</sup>/s] und hydraulische Höhe (Hn) [m] sind maßgebend für die Menge an elektrischer Energie, die in der Turbine erzeugt wird. In dieser Studie wird vorausgesetzt, dass die hydraulische Höhe in den nächsten Jahrzehnten konstant bleibt, von daher hängt die Änderung bei der Energieerzeugung nur vom Abfluss des Gewässers ab.

Die Reduktion der Energieerzeugung ergibt sich aus der Differenz zwischen der berechneten Leistung, auf Basis des hydrologischen Ist-Zustandes und der berechneten Leistung auf Basis der sich durch die Klimaveränderung ergebenden hydrologischen Zukunft Szenarien.

Überdies wird der mittlere jährliche Wirtschaftsschaden für das Zukunftsmodell (in relativem Prozentanteil) bewertet, indem ein Durchschnittspreis an den europäischen Börsen (EPEX) benutzt wird. Es sollte beachtet werden, dass die Strompreise in der Realität täglich und saisonbedingt schwanken.

#### ➤ **Wirtschaftliche Schäden für die Wasserkraftwerke im Maas-Becken**

Die obenstehend beschriebene Methodologie setzt voraus, dass keine wirtschaftlichen Schäden für die Wasserkraftwerke entlang des Flusses Maas im französischen Teil erwartet werden, da die Kapazität der Kraftwerke (maximaler Turbinendurchfluss) geringer ist als der mittlere jährliche Durchfluss der Maas für die beiden Zukunftszeiträume. Überdies reichen die verfügbaren Daten zu den beiden holländischen Wasserkraftwerken nicht aus, um vorherzusagen, welche Wassermenge zur Energieerzeugung zur Verfügung steht. Der wirtschaftliche Schaden aufgrund von zukünftigen Niedrigwassern wird für diese Kraftwerke nicht untersucht.

Der Schaden bei den jährlichen Verkaufszahlen in relativen Prozentsätzen für die sieben wallonischen Wasserkraftwerke wird in Abbildung 5 angegeben (heutiger Zeitraum: 1971-2000).

Die Betreiber der wallonischen Wasserkraftwerke sollten sich bewusst sein, dass der Klimawandel (früher oder später) die Rentabilität ihrer Kraftwerke beeinträchtigen wird. Wegen der niedrigeren Leistungsabgabe von Wasserkraftwerken im Vergleich zu Wärmekraftanlagen wird jedoch der finanzielle Schaden insgesamt weniger ins Auge fallen.

	Schaden bei den jährlichen Verkaufszahlen [%]	
	2021 – 2050	2071 – 2100
<b>Lixhe</b>	43	64
<b>Monsin</b>	57	73
<b>Ivoz-Ramet</b>	39	62
<b>Ampsin-Neuville</b>	35	60
<b>Andenne</b>	45	66
<b>Grands-Malades</b>	0	36
<b>Hun</b>	0	11

*Tabelle 2: Schaden für die Wasserkraftwerke in Wallonien aufgrund von Niedrigwasser in den Denkmodellen von AMICE.*

## **Ergebnisse**

Diese Studie hat deutlich gemacht, dass eine Abnahme der Energieerzeugung unter den in AMICE prognostizierten klimatischen Bedingungen für zukünftige Trockenheiten für beide Kraftwerksarten zu erwarten ist, die entlang der Maas liegen.

Bei dieser Studie ist jedoch zu beachten, dass die Methodik mit großen Unsicherheiten behaftet ist und nur grobe Tendenzen über die zukünftige Situation im Maas-Becken aufgezeigt werden können.

## **Auswirkungen der Trockenheit auf die Landwirtschaft**

### **Im Projekt AMICE angewandte Methodologie**

Die Landwirtschaft wird auf mannigfaltige Art von der globalen Klimaveränderung betroffen, und zwar abhängig von den ursprünglichen klimatischen Bedingungen, vom Boden, der Landnutzung, Politik oder Wirtschaft. Grob gesagt, wird in Nordeuropa eine Steigerung der Anbauproduktivität erwartet, die hauptsächlich auf einem Anstieg der Lufttemperatur beruht, während in Südeuropa ein allgemeiner Rückgang der Erträge und ein Anstieg der Nachfrage nach Wasser erwartet werden. Eine separate Analyse der Auswirkungen des



Klimawandels und nicht klimatischer Einflüsse aufgrund von Bewirtschaftungsmethoden ist wegen deren starker gegenseitiger Beeinflussung recht schwierig. Änderungen in der Bewirtschaftungspraxis und im landwirtschaftlichen Kalender könnten den positiven Auswirkungen der Erderwärmung entgegenwirken.

Es wird für alle Partner des Projekts AMICE eine gemeinsame Methodologie vorgeschlagen, damit vergleichbare Ergebnisse erzielt werden. Die Methode beruht auf der Verwendung eines Modells auf physikalischer Basis - **dem Modell EPIC-Grid** - das imstande ist, Ernteerträge unter Berücksichtigung von mannigfaltigen Eingabedaten wie Nutzpflanze, Boden, Gefälle und natürlich meteorologische Daten zu berechnen.

Die Bodendaten stammen aus der europäischen Boden-Datenbank (ESDB). Innerhalb des Projektes werden die im Maaseinzugsgebiet am häufigsten angebauten Getreidesorten betrachtet, Mais, Weizen und Gerste. Als Bezugswert zur Abgleichung des Modells werden aus Belgien (wallonische Statistiken) bereitgestellte Ernteeigenschaften verwendet. Des Weiteren werden der technische Zeitplan, der Fruchtwechsel und die landwirtschaftliche Praxis (einschließlich Nährstoffe, Bewässerung wird nicht berücksichtigt) für die drei simulierten Zeiträume (heute, 2021-2050 and 2071-2100) als unverändert angesehen.

Es sind ebenfalls Berechnungen für Weideland für eine begrenzte Anzahl an Gebieten angestellt worden, die in dieser Übersicht nicht vorgestellt werden.

In dieser Studie wird die meteorologische Trockenheit betrachtet.

## Entwicklung der Erträge in den landwirtschaftlichen Gebieten des Maas-Beckens

### ➤ Entwicklung der Mais-Erträge im Klimawandel

Die Abbildung 5 zeigt die Auswirkungen der in AMICE prognostizierten Klimaveränderung auf die Maiserträge im Maaseinzugsgebiet.

**Der Mais-Anbau im Einzugsgebiet der Maas wird nachteilig vom Klimawandel beeinflusst I, trotz der zukünftigen verstärkten Düngewirkung des CO<sub>2</sub>.** Die Abnahme der Erträge beim Mais liegt in etwa bei 3-4 % für die Mitte des 21. Jahrhunderts, unter Ausnahme von Frankreich (es wird eine leichte Steigerung der Erträge von 2% erwartet). Außerdem werden die Schwankungen der Ernteerträge in Zukunft allgemein verstärkt, außer in Deutschland.

Tabelle 3: Entwicklung der Mais-Erträge unter Berücksichtigung der Klimaveränderungl.

<i>In Wallonien, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	-3.00
2071-2100	-18.85
<i>In Flandern, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	-18.04
2071-2100	-29.29
<i>In Deutschland</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	-5.36
2071-2100	-21.84
<i>In den Niederlanden</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	-3.43
2071-2100	-18.75
<i>In Frankreich</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+2.47
2071-2100	-17.47

### ➤ Entwicklung der Erträge bei Weizen und Gerste in den drei Zeiträumen

Die folgenden Tabellen zeigen die Entwicklung der Erträge von Weizen und Gerste, die mehr oder weniger die gleichen Tendenzen aufzeigen.

**Weizen und Gerste verhalten sich ähnlich und werden durch klimatische Änderungen positiv beeinflusst.** Die Steigerung des Ertrags beim Weizen liegt bei 8-15% in der Mitte des 21. Jahrhunderts und erreicht am Ende des Jahrhunderts 16-28%; die Steigerung des Ertrags von Gerste liegt bei 6-20% in der Mitte des 21. Jahrhunderts und erreicht 9-21% am Ende des Jahrhunderts.

Während die Schwankungen der Weizen-Erträge in Zukunft verstärkt werden, treten die Ergebnisse für Gerste-Ernten weniger deutlich hervor.

<i>In Wallonien, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+8.43
2071-2100	+17.46
<i>In Flandern, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+7.90
2071-2100	+16.08
<i>In Deutschland</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+8.35
2071-2100	+17.78
<i>In den Niederlanden</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+12.72
2071-2100	+23.30
<i>In Frankreich</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+16.40
2071-2100	+27.77

Tabelle 4: Entwicklung der Weizen-Erträge im Klimawandel

<i>In Wallonien, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+18.45
2071-2100	+18.02
<i>In Flandern, Belgien</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+16.42
2071-2100	+18.01
<i>In Deutschland</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+6.66
2071-2100	+8.84
<i>In den Niederlanden</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+12.22
2071-2100	+11.01
<i>In Frankreich</i>	Entwicklung des Ertrags (%)
1971-2000	
2021-2050	+20.31
2071-2100	+21.37

Tabelle 5: Entwicklung der Gerste-Erträge im Klimawandel

Abschließend wird eine Bewertung in finanzieller Hinsicht unter Verwendung von durchschnittlichen Erntepreisen gegeben. Die Durchschnittspreise für jede Anbauart und für jedes Land wurden von EUROSTAT geliefert. Es ist zu beachten, dass die Preisentwicklung der Zukunft in dieser Studie nicht in Betracht gezogen wurde.

## Auswirkungen von Niedrigwasser auf die Trinkwasserversorgung

Die Wasserversorgungssysteme müssen veränderliche Bedingungen bewältigen: sozialwirtschaftliche Auswirkungen, Weiterentwicklung technischer Normen... Zusätzliche potenzielle Gefahren für Wasserversorgungssysteme können aus der erwarteten größeren Strenge und Häufigkeit von Niedrigwasser im Zuge des Klimawandels herrühren. Angesichts dieser Überlegungen kann die Absicherung einer angemessenen zukünftigen Trinkwasserversorgung als schwerwiegendes Problem angesehen werden.

### Speicherkapazität und Verwundbarkeit des Bereichs Trinkwasser

Acht Oberflächen-Wasserentnahmestellen **liefern im Maas-Becken Trinkwasser für sechs Millionen Menschen** (in den verschiedenen Ländern, durch die der Fluss fließt, außer Deutschland). Die Menge an Oberflächenwasser, die 2010 von jeder Pumpstation im Einzugsgebiet der Maas entnommen wurde, wird in Tabelle 1 angegeben, was ein Gesamtvolumen von 485 Mm<sup>3</sup> ergibt.

Es wird festgestellt, dass das entnommene Wasser hauptsächlich an die Küstengebiete in den Niederlanden und Flandern verteilt wird.

Im Zusammenhang mit einer Wasserwirtschaft für das gesamte Flussbecken innerhalb des Projekts AMICE zielt die Maßnahme 7 darauf ab, internationale Strategien und Wege zur Bewältigung von Wasserknappheit durch den Klimawandel zu untersuchen.

Lage	Km	Fluss/Zufluss	Region	Mm <sup>3</sup> /Jahr (2010)
Talifer	520	Maas	Wallonien	48
Broechem		Albert-Kanal	Flandern	57
Lier/Duffel		Nete-Kanal	Flandern	84.5
Heel	690	Lateraal-Kanal	Niederlande	9.9
		See Boschmolen		1.5
Brakel		Gestaute Maas	Niederlande	69.2
Keizersveer (Petrusplaat)	865	Bergse Maas	Niederlande	209.3
Scheelhoek		Haringvliet	Niederlande	5.8
<b>Gesamt</b>				<b>485.2</b>

Tabelle 6: Lage und Kapazität der wichtigsten Entnahmestellen für Trinkwasser im Maas-Becken

Während zur Hochwasserrisikoanalyse der direkte wirtschaftliche Schaden im Überschwemmungsgebiet berechnet wird, wird der wirtschaftliche Verlust im Bereich Trinkwasser unter Berücksichtigung **der Ausgleichsmaßnahmen oder Strategien** zur Milderung der Verluste bei der Wasserproduktion berechnet.

Es gibt **verschiedene Strategien**, um auch während einer Wasserknappheit angemessene Wasserversorgung sicherzustellen:

- Begrenzung der Entnahme an der Quelle (Wasser-Sparmaßnahmen),
- Festlegung von Prioritäten bei der Wassernutzung,
- Wasserentnahme aus alternativen Quellen (Grundwasser, anderer Wasserversorger...),
- Wasser speichern (in Speicherseen).



Als ersten Schritt hat AMICE **die Pufferkapazitäten** der 8 Entnahmestellen gekennzeichnet, die im Maas-Becken auf Oberflächenwasser angewiesen sind. Dies gibt Auskunft über ihre Überbrückungsperiode: den Zeitraum, in dem das Wassersystem eine Wasserknappheit bewältigen kann, ohne dass Folgen für die an die Verbraucher ausgegebenen Wassermenge auftreten.

Diese Studie zeigt, dass die Überbrückungsperioden zwischen 0 Tagen (in Talifer, das demnach die verwundbarste Entnahmestelle ist) und 3 Monaten schwanken, wenn die Speicher mit alternativen Quellen benutzt werden.

**Da alle 8 Entnahmestellen am Fluss Maas und seinen Zuflüssen begrenzte Speicherkapazitäten haben, ist es undenkbar, sich ausschließlich auf sie zu verlassen, um die Zielsetzung der Wassernachfrage in Niedrigwasserperioden zu erreichen, und es müssen alternative Strategien gesucht werden.**

## Vergleich zwischen Wassernachfrage und Verfügbarkeit von Oberflächenwasser

In einem zweiten Schritt zielt das Projekt AMICE auf eine Beurteilung der Leistungsfähigkeit bei der Wasserversorgung jedes Systems ab, indem deren **Wahrscheinlichkeit des Auftretens von Unterbrechungen** berechnet wird: die Wahrscheinlichkeit, dass die Wassernachfrage die Verfügbarkeit von Wasser überschreitet.

Zuerst wurde eine harmonisierte Methodologie vorgeschlagen, um die Robustheit eines Systems zu bewerten, die auf drei Kriterien beruht: die Zuverlässigkeit des Systems, seine Belastbarkeit und Verwundbarkeit. Danach hat das Projekt AMICE Daten zu Entnahmestopps gesammelt, die zwischen 2007 und 2010 aufgetreten sind. Die Daten, die für diesen Zeitraum analysiert wurden, haben gezeigt, dass alle Wasser-Entnahmestopps durch technische Defekte oder unzureichende Wasserqualität verursacht wurden und nicht durch Mengenprobleme. Des Weiteren haben die Wasser-Entnahmestopps nie länger gedauert als der maximale Zeitraum, in dem die Entnahmestelle aus alternativen Quellen oder mit gespeichertem Wasser beliefert werden kann.

**Es zeigt sich, dass Durchschnittswerte zu Wasser-Entnahmestopps keine schlüssigen Ergebnisse zur Verwundbarkeit des Wassersystems bei Wasserknappheit aufgrund des Klimawandels bieten können. Für eine aussagekräftige Bewertung wird eine zukünftige hochwertige Datenerhebung gebraucht.**

Als solche überschreitet eine weiterführende, eingehende Analysearbeit den Rahmen des Projekts AMICE, sollte aber durch die Wasserversorger vorgenommen werden, wenn man die geschätzte Verwundbarkeit der Trinkwasserversorgungssysteme im Falle einer verlängerten Wasserknappheit bedenkt.

## Auswirkungen von Niedrigwasser auf den Bereich Handelsschifffahrt

Die Maas ist auf einem großen Teil ihrer Gesamtlänge schiffbar. Die Schifffahrt als Handelsweg reicht bis nach Givet in Frankreich. Die Kanäle zur Schifffahrt verbinden den Fluss Maas mit anderen wichtigen Wasserwegen wie beispielsweise dem Rhein. In den Niederlanden und Flandern ist der Fluss ein Teil der wichtigsten Binnenschifffahrtsinfrastruktur, der die Hafengebiete Rotterdam – Amsterdam – Antwerpen an die weiter stromaufwärts liegenden Industriegebiete anbindet.

## Folgen eines niedrigen Stromregimes für die Schifffahrt

Während bei Flüssen mit unregulierter Durchfluss eine extreme Niedrigwasserperiode die volle Ladung von Schiffen behindern kann, wird der Mindestwasserstand zur Aufrechterhaltung der Schifffahrt im Maas-Becken

immer durch Stauwehre sichergestellt. Schiffe überwinden die Staustufen über Schleusen. Während des Schleusen-Vorgangs einer Schiffsdurchfahrt geht eine bestimmte Menge Wasser verloren (siehe Abbildung 5).

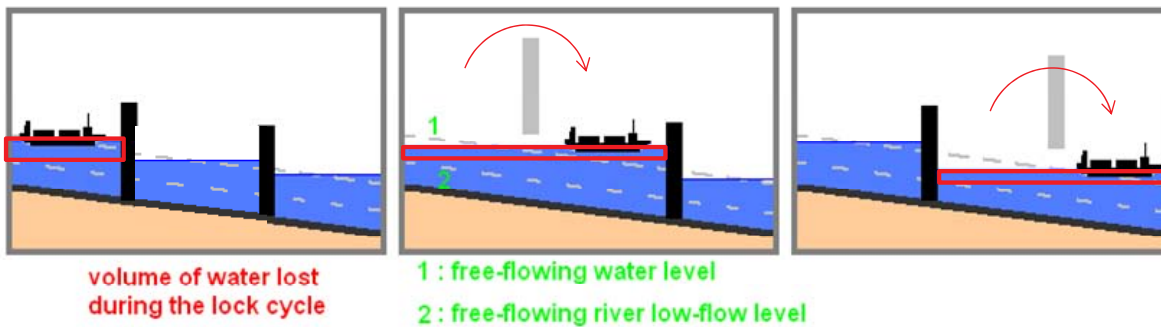


Abbildung 5: Wasserverlust beim Abwärtsschleusen

**Schwierigkeiten treten dann auf, wenn die Menge des täglich beim Schleusen verloren gehenden Wassers die täglich für die Schifffahrt zur Verfügung stehende Wassermenge überschreitet.**

Der Wasserverlust aufgrund des Schleusen-Vorgangs kann vermindert werden durch:

- Verminderung der Anzahl Schleusen-Durchläufe (den Vorgang nur dann durchführen, wenn die Schleusenkammer vollständig mit Schiffen gefüllt ist),
- Verminderung der Wassermenge, die bei einem Schleusen-Durchlauf verloren geht (Wasser in Becken speichern; Wasser von stromabwärts zurück pumpen; Wasser in einem Mehrkammer-Schleusenkomplex ansaugen; Tore zur Abtrennung verwenden).

Alle diese Mittel zur Reduktion des Wasserverlustes verursachen zusätzliche Kosten, entweder durch verlängerte Wartezeiten für die Schiffe oder durch erhöhten Energieverbrauch (beim Zurückpumpen von Wasser) oder durch die Notwendigkeit von zusätzlichen Infrastrukturen (Einbau der Trenntore).

## Bewertung von zusätzlichen Kosten aufgrund von Niedrigwasser

Es wird eine grobe Quantifizierung der zusätzlichen Kosten durchgeführt, die durch Niedrigwasser entstehen, und zwar für einen der drei holländischen Komplexe an der Maas (als Beispiel) unter Verwendung der SIVAK Software. Um die Gesamtkosten und Wartezeiten für jedes einzelne Schiff zu berechnen, das die Schleuse durchfährt, braucht die Software Daten zu:

- den Eigenschaften der Schleusenkammern,
- Unterschieden im Wasserstand zwischen stromaufwärts und stromabwärts,
- Verkehr (Schiffsaufkommen an der Schleuse),
- Warte- und Fahrtkosten pro Schiffsklasse.

	Trockenes Jahr (2003)	Sehr trockenes Jahr (1976)
Anstieg der Zusatzkosten in Beziehung auf ein Durchschnittsjahr [%]	36	1520

Table 7: Anstieg der Zusatzkosten aufgrund von Wasser-Sparmaßnahmen für Trockenheits-Bedingungen, wie sie von den SIVAK Simulationen herrühren

**Beide oben aufgeführten Maßnahmen zur Einsparung von Wasser führen zu verlängerten Wartezeiten und/oder Zusatzkosten für die Schifffahrt.** Die zusätzlichen Wartezeiten auf einer jährlichen Basis können in Form von Kosten ausgedrückt werden. **Die Simulation hat gezeigt, dass die Zusatzkosten um so höher werden, je trockener das Klima ist.** Für den Schleusenkomplex Maasbracht ist auf der Grundlage der Daten für die besonders strenge Trockenheit von 1976 festgestellt worden, dass die Zusatzkosten sich auf bis zum 16-fachen eines durchschnittlichen Jahres belaufen können.

## Schlussfolgerung

Als Folge des Klimawandels steht zu erwarten, dass Trockenheiten und Niedrigwasser in Zukunft häufiger und stärker auftreten werden. **Diese Studie, die im Rahmen der Maßnahme 7 des Projekts AMICE durchgeführt wurde, hat gezeigt, dass 3 der untersuchten Tätigkeitsbereiche (Energieerzeugung, Trinkwasserproduktion und Schifffahrt) negativ betroffen werden und dass auf allen Territorialebenen Lösungen diskutiert werden müssen. Die Landwirtschaft könnte vom Klimawandel sowohl günstig als auch ungünstig beeinflusst werden.**

Des Weiteren bilden die durchgeführten Forschungen eine Basis für weitere Studien, die einen kontinuierlichen und verstärkten Austausch von Wissen, Methoden und Daten zwischen den verschiedenen Ländern und Regionen erforderlich machen, die zum Maas-Becken gehören. Die Ergebnisse können als Hilfsmittel zur Entscheidungsfindung genutzt werden, um die internationale Zusammenarbeit auszuweiten und negative Auswirkungen des Klimawandels im Maas-Becken zu vermindern.

## Definitionen

### ➤ Trockenheit

Trockenheit ist ein natürliches Phänomen. Es ist eine vorübergehende, negative und starke Abweichung für einen erheblichen Zeitraum und eine größere Region von durchschnittlichen Niederschlagswerten (ein Niederschlagsdefizit), das zu meteorologischer, landwirtschaftlicher, hydrologischer und sozialwirtschaftlicher Trockenheit führen kann, was von der Strenge und Dauer abhängt.

### ➤ Wasserknappheit

Wasserknappheit ist ein zivilisationsbedingtes Phänomen. Es ist ein wiederkehrendes Ungleichgewicht, das durch übermäßigen Wassergebrauch entsteht, der durch einen Verbrauch verursacht wird, der erheblich höher ist als die natürliche, erneuerbare Verfügbarkeit. Wasserknappheit kann durch Wasserverschmutzung verschlimmert werden (welche die Tauglichkeit für verschiedene Wassernutzungen vermindert) und bei Episoden von Trockenheit

Referenz: Working definitions of Water scarcity and Drought - Version: 4.0 - 27 April 2012 - Guido Schmidt, Juan José Benítez, and Carlos Benítez, with contributions from Rafael Seiz-Puyuelo, José María Hernández-Torres and the Expert Group on Water Scarcity and Droughts of the Common Implementation Strategy for the Water Framework Directive

Bezeichnung	Quantifizierung der Auswirkungen zukünftiger Überschwemmungen auf das Maas -Becken  WP1 Bericht - Maßnahme 7
Autoren	Sinaba B., Bauwens A., Boeckx L., Deckers P., Degré A., Deraedt D., De Keizer O., Döring R., Drogue G., Fournier M., Hissel F., Huber N. P., Kufeld M., Pontégnie D.
Datum	11/02/2013
Hauptpartner	EPAMA
Beteiligte Partner	IWW-RWTH, LFI-RWTH, CETMEF, ULg-HACH, ULg-Gx-ABT, FHR, RWS
Arbeitsabschnitt	1
Maßnahme	7

**AMICE** *Anpassung der Maas an die Auswirkungen der Klimaentwicklungen* ist ein Projekt der INTERREG IVB Nordwesteuropa (Nummer 074C).

Der Klimawandel wirkt sich auf das Maas-Becken aus, indem er zu mehr Überschwemmungen und mehr Trockenheiten führt. Die Flussmanager und Wasserexperten aus 4 Ländern arbeiten gemeinsam an diesem von der EU geförderten transnationalen Projekt zur Entwicklung einer innovativen und nachhaltigen Anpassungsstrategie. Die Projektläufe dauern von 2009 bis 2012. Erfahren Sie mehr über das Programm: [www.amice-project.eu](http://www.amice-project.eu)

### Das NWE INTERREG IV B Programm

Das Programm fördert innovative transnationale Maßnahmen, die zu einer besseren Verwaltung natürlicher Ressourcen und Risiken führen, die Kommunikationsmittel optimieren und die Gemeinschaften Nordwesteuropas stärken.

Erfahren Sie hier mehr über das Programm: [www.nweurope.eu](http://www.nweurope.eu)

