

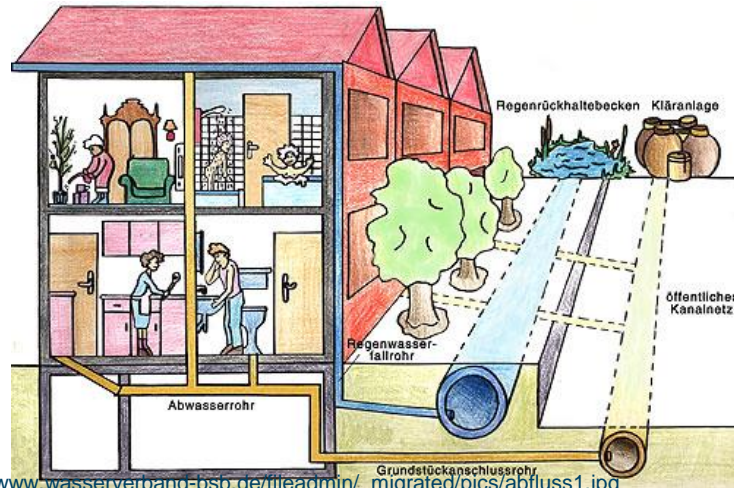
Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark

Aqua Urbanica 2016

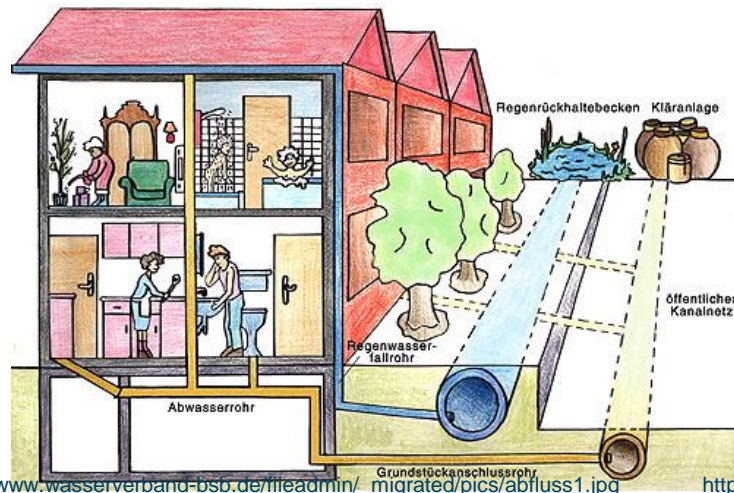
Paul Engelke, DHI WASY

Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark

Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von **Kanalnetz** und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von **Kanalnetz** und **Oberflächengewässern** im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark

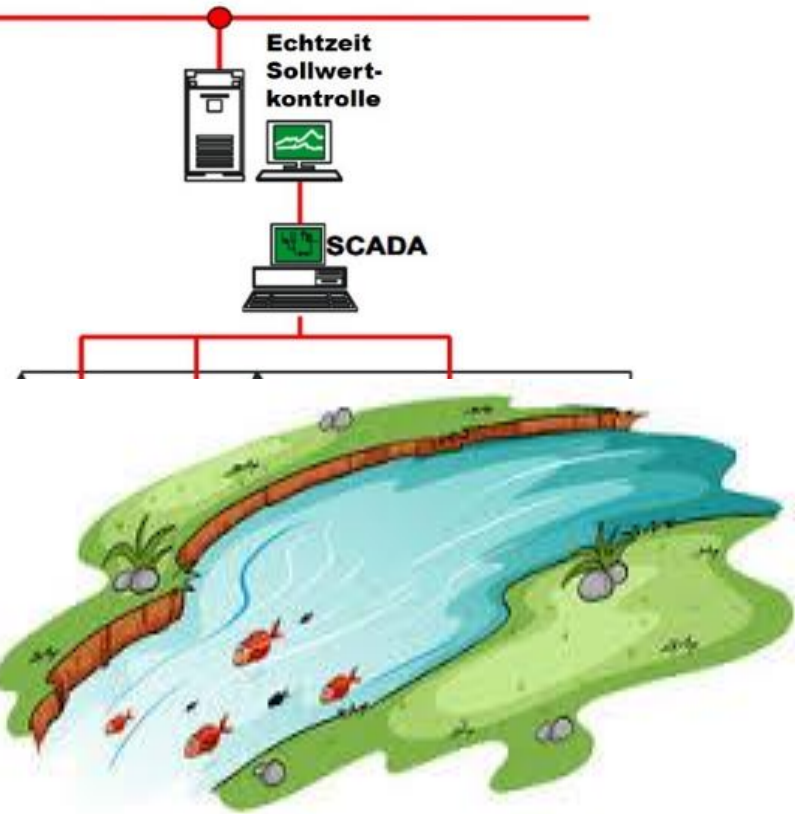
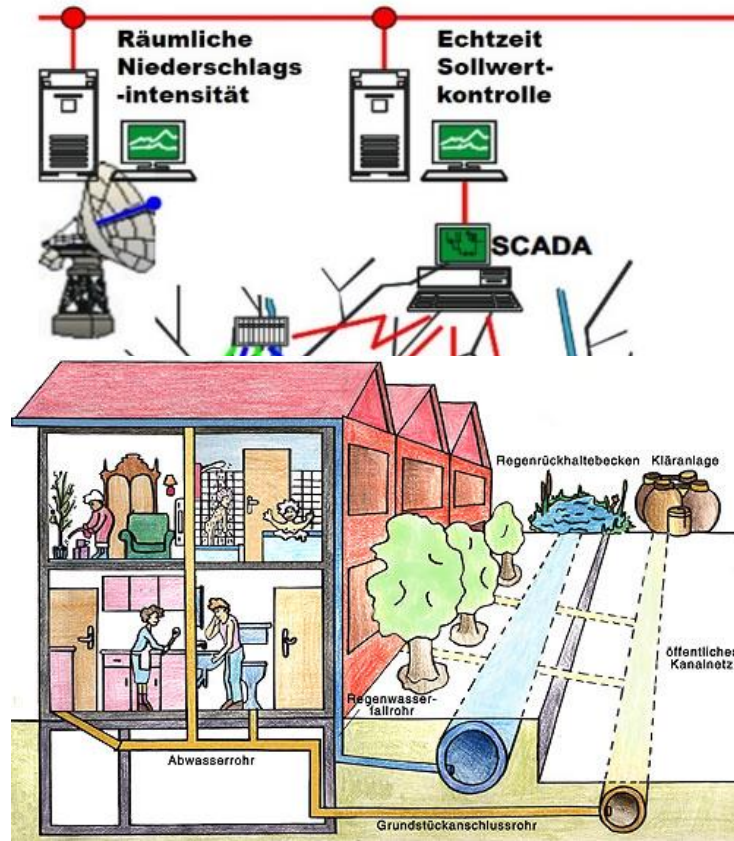


<http://www.wasserverband-bsb.de/fileadmin/migrated/pics/abfluss1.jpg>

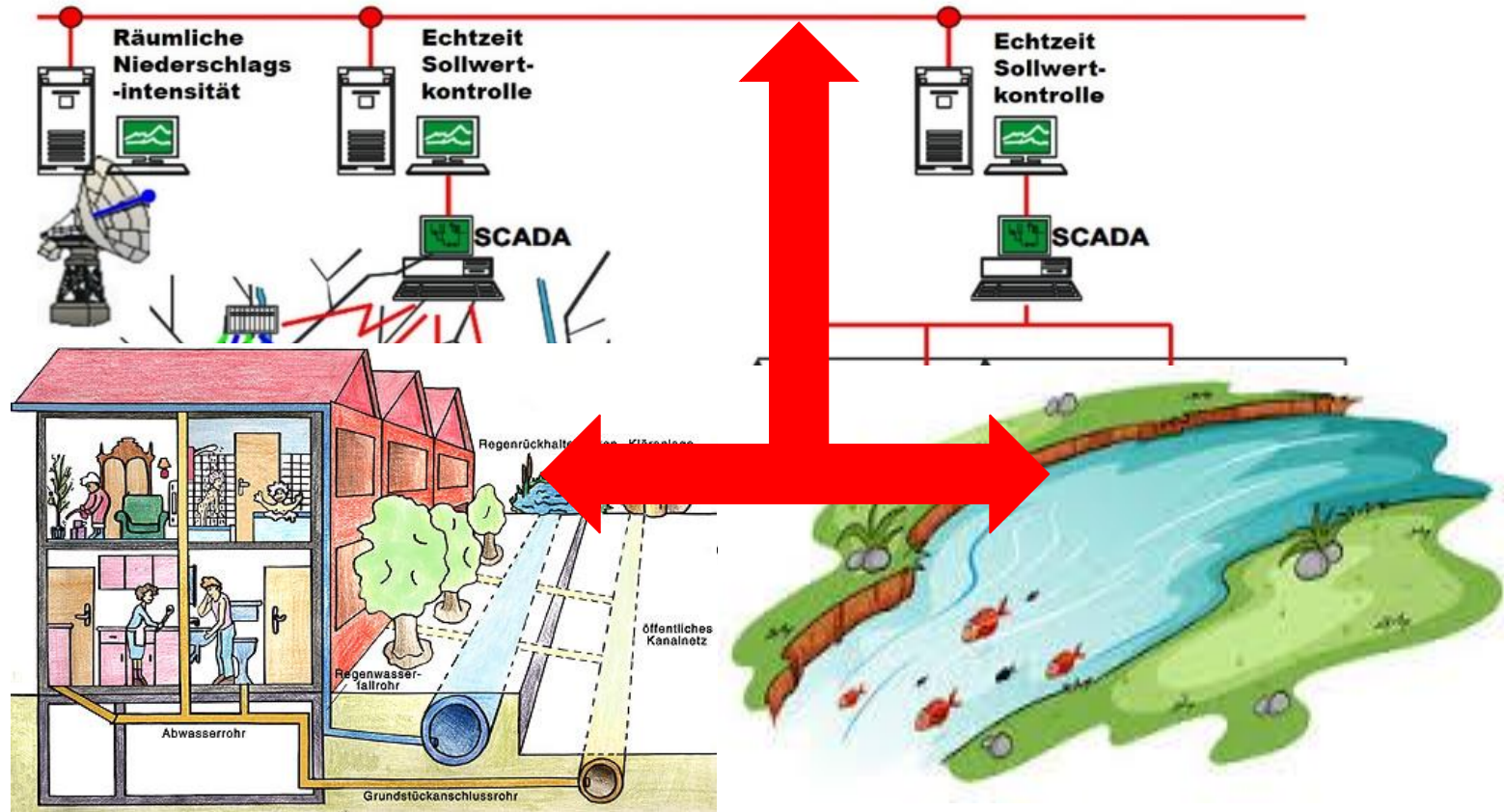


<https://de.dreamstime.com/stock-abbildung-gebirgslandschaft-mit-fluss-image46923251>

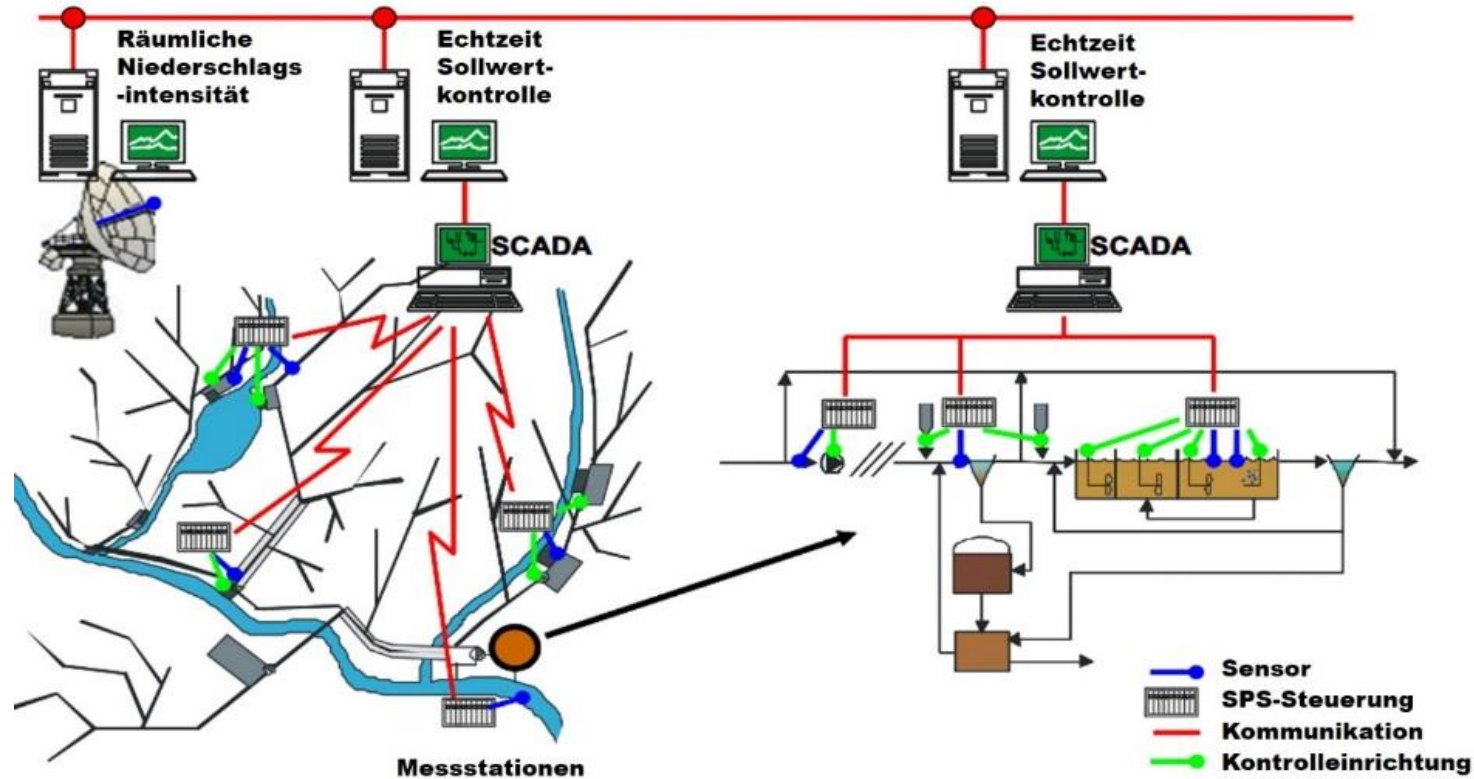
Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



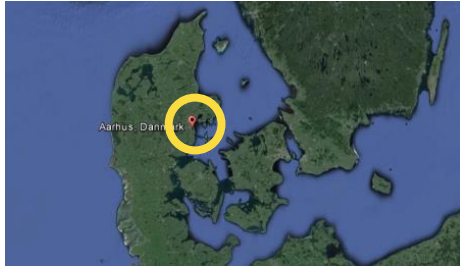
Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark




Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



...Hafenstadt an der Ostsee



... zweitgrößte Stadt Dänemarks

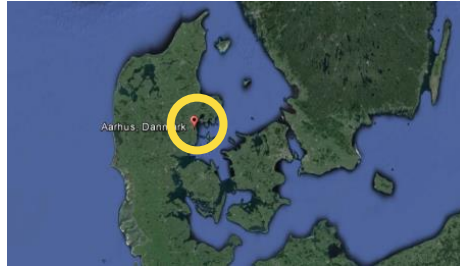
A satellite map of Denmark and surrounding waters. A yellow location pin is placed on the east coast of Jutland, near the city of Aarhus. The text 'Aarhus, Danmark' is written in white with a black outline to the left of the pin.

Aarhus, Danmark

Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



...Hafenstadt an der Ostsee



... zweitgrößte Stadt Dänemarks



...310.000 Einwohner



... Europäische Kulturhauptstadt 2017 - RETHINK Aarhus



...schnelle Stadtentwicklung



...Integration von Wasser im öffentlichen Raum

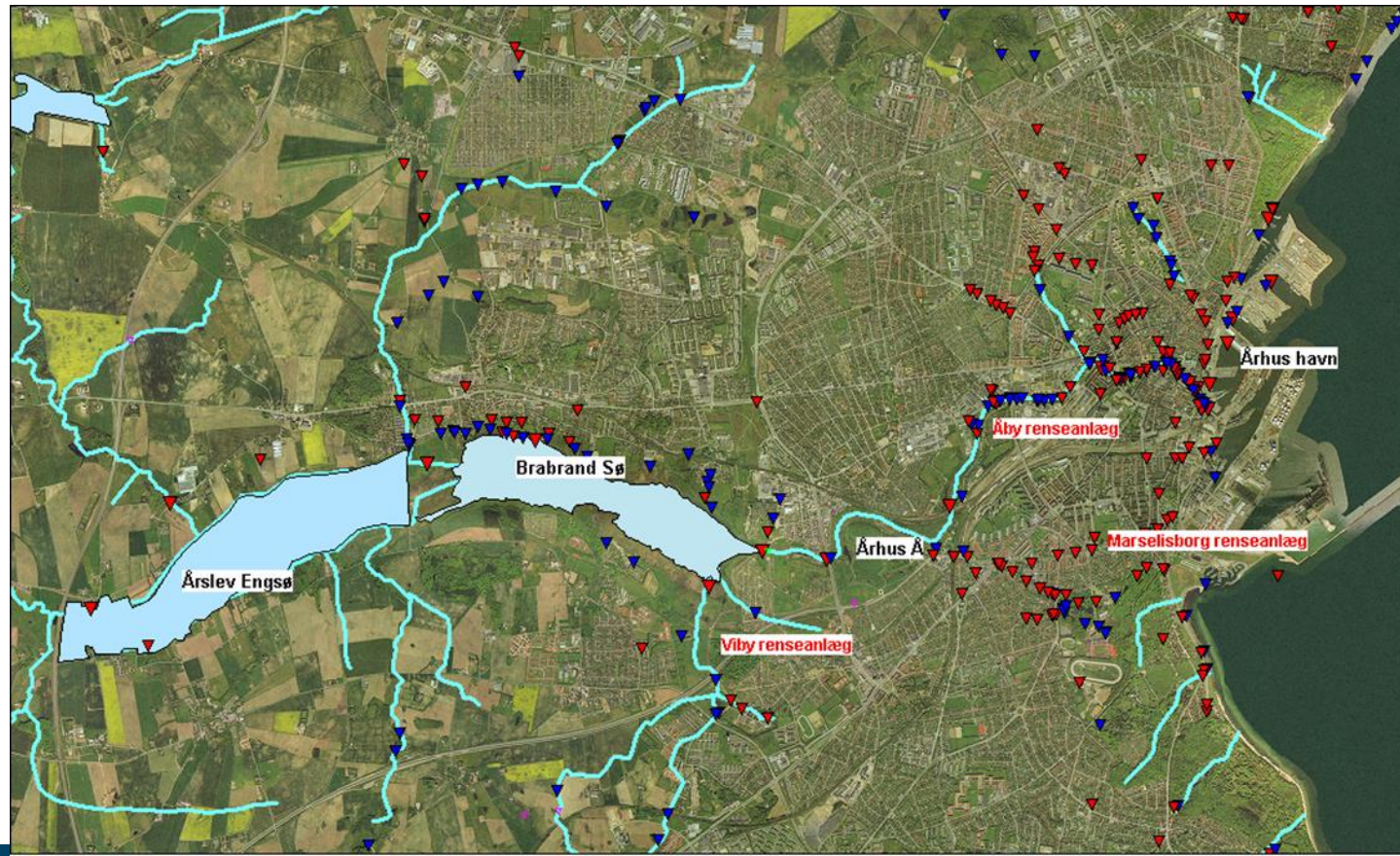


...Umnutzung des Hafens (Hafencity)



...Wasser als Element der Erholungsgebiete

Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im **Innenstadtbereich von Århus, Dänemark**



Echtzeitgesteuerte und gekoppelte Bewirtschaftung von Kanalnetz und Oberflächengewässern im Innenstadtbereich von Århus, Dänemark



Integrated Urban Water Management

ÅRHUS ALS BEISPIEL FÜR WASSER 4.0



WASSER 4.0



German Water
Partnership

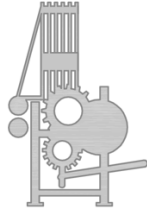
Solutions you can trust.

Die Entwicklungsstufen von Industrie und Wasser 4.0

Erste

Industrielle Revolution

durch Einführung mechanischer Produktionsanlagen mithilfe von Wasser- und Dampfkraft

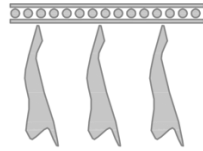


Erste mechanischer Webstuhl, 1784

Zweite

Industrielle Revolution

durch Einführung arbeitsteiliger Massenproduktion mithilfe von elektrischer Energie



Erstes Fließband, Schlachthof von Cincinnati, 1870

Dritte

Industrielle Revolution

durch den Einsatz von Elektronik und IT zur weiteren Automatisierung der Produktion

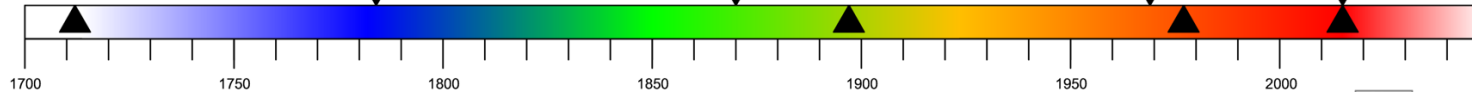


Erste Speicher-programmierbare Steuerung (SPS) Modicon 084, 1969

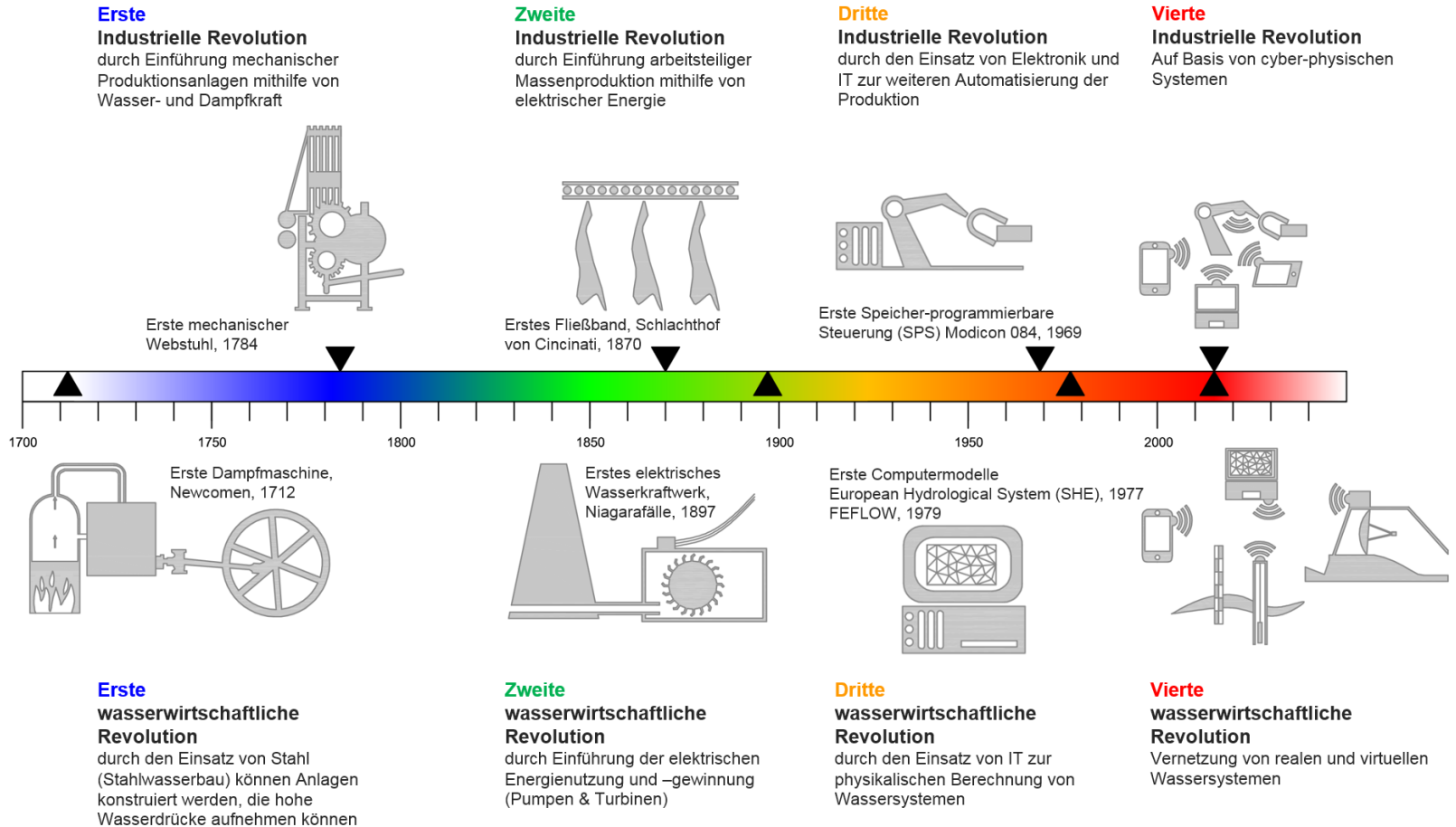
Vierte

Industrielle Revolution

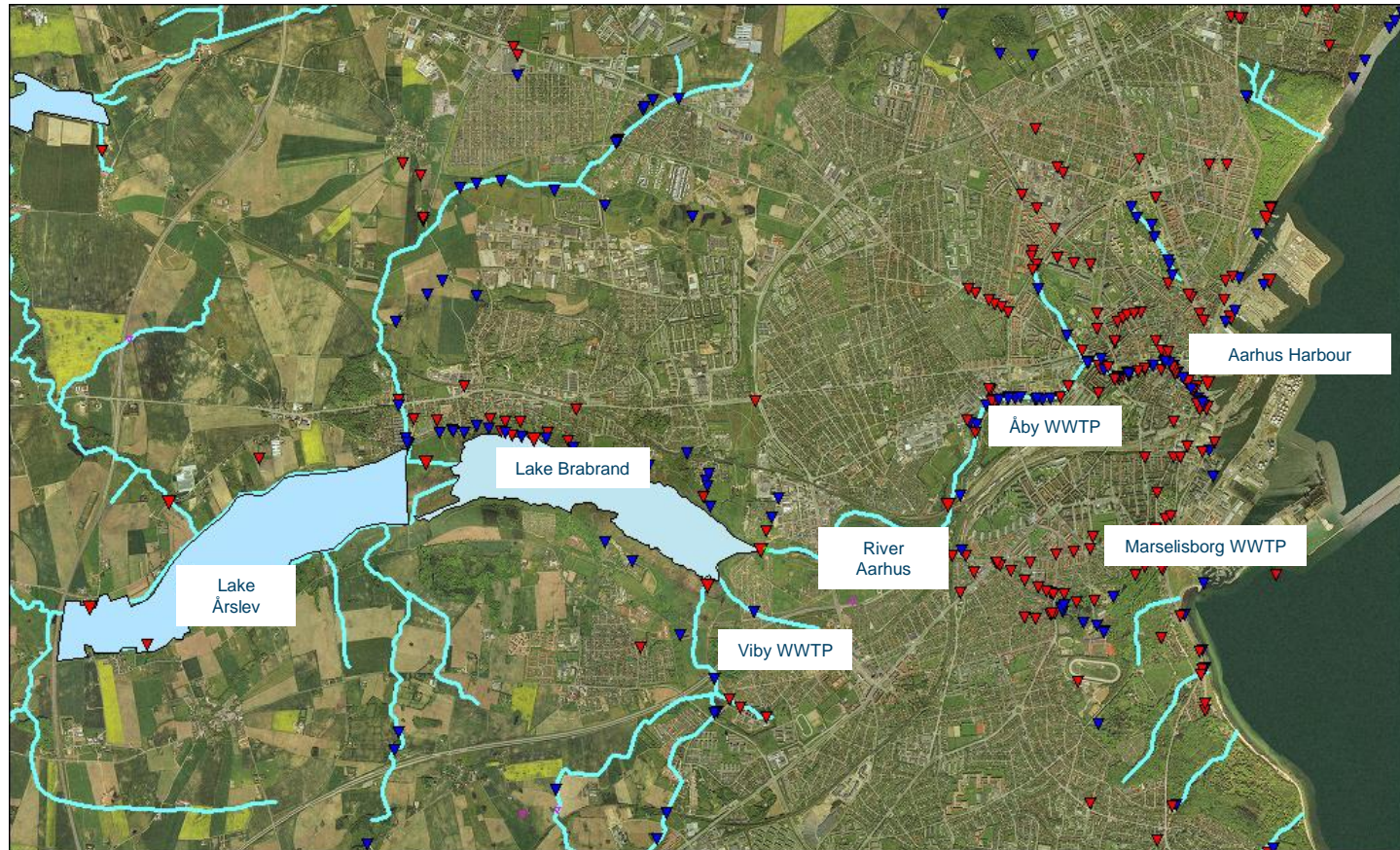
Auf Basis von cyber-physischen Systemen



Die Entwicklungsstufen von Industrie und Wasser 4.0



Situation 2006



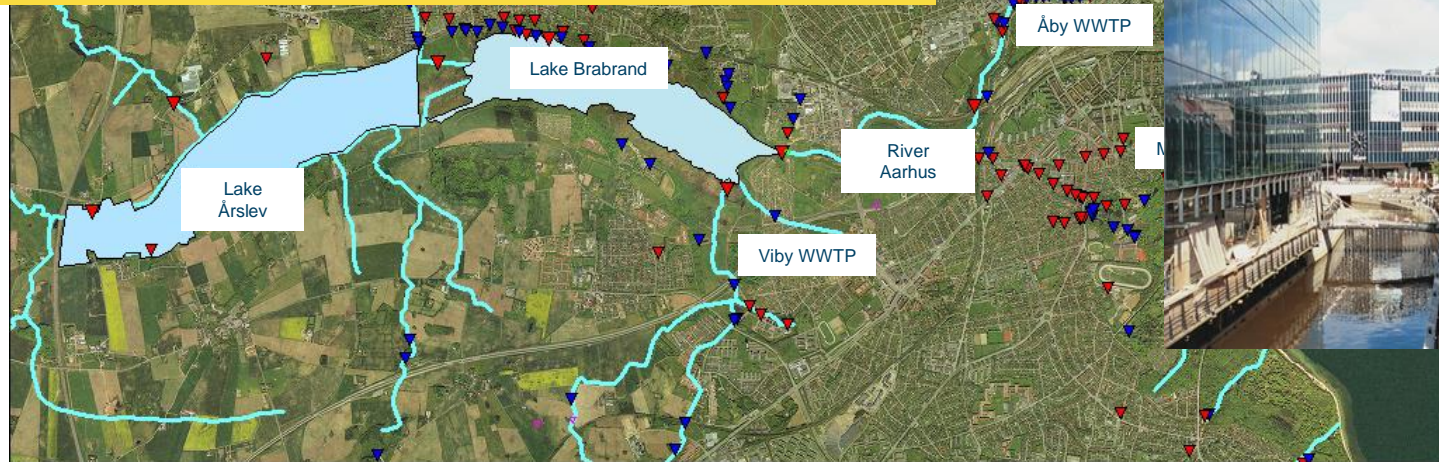
Situation 2006

- 3 Kläranlagen
- 75 Mischwasserabschläge
- 58 Einleitungen von Niederschlagswasser
- 50% des Abflusses im Fluss Århus stammt von den Kläranlagen
- Verrohrter Flussabschnitte



Situation 2006

- 3 Kläranlagen
- 75 Mischwasserabschläge
- 58 Einleitungen von Niederschlagswasser
- 50% des Abflusses im Fluss Århus stammt von den Kläranlagen
- Verrohrter Flussabschnitte



Vision Wasser 2100

”Reines Wasser für die
Natur und den Menschen—
Jetzt und in der Zukunft”

*Von einer allumfassenden Zukunftsvision
zu konkreten Maßnahmen*



© Aarhus Water

Kooperationsprojekt der Stadt Århus und Århus
Water

Stadtentwicklung berücksichtigt Umwelt und Gesundheit auf Grundlage von:

- EU-WRRL
- EU-BadegewässerRL
- Adaptation des Klimawandels

Geforderte Projektziele

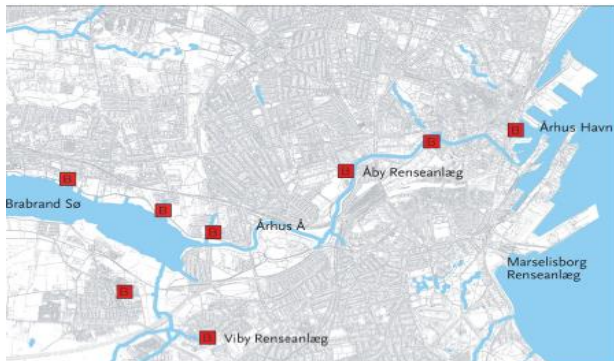


1 Konsortium - 3 Partner - 1 Lösung



KRÜGER

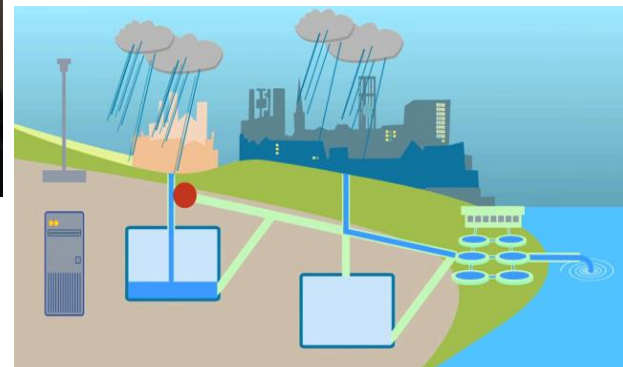
3 Projekte - 1 Lösung



Analyse und Entwurf
2006-2007



Bau der Infrastruktur
2007-2012



Integrierte (modellbasierende)
Steuerung und Warnung
2009-2013

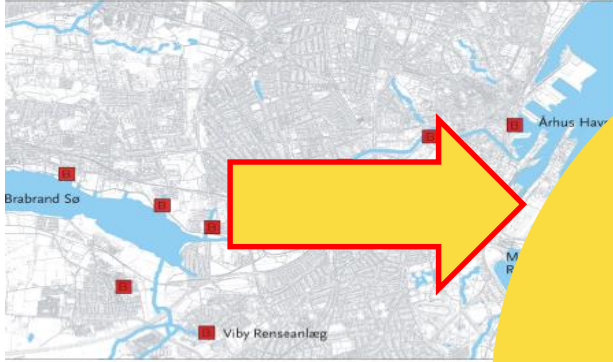
KRÜGER



aarhusvand



3 Projekte - 1 Lösung



Analyse und Entwurf
2006-2007

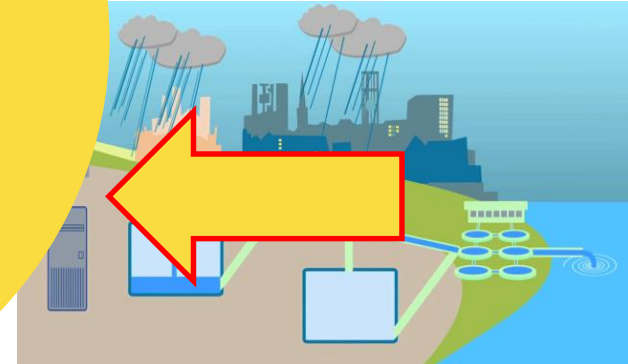
KRÜGER



aarhusvand



Mithilfe
von
Software-
Modellen



Integrierte (modellbasierende)
Steuerung und Warnung
2009-2013



Softwareprodukte

MIKE 3



3D modelling
of coast and sea

FEFLOW



Advanced groundwater
modelling

MIKE SHE



Integrated hydrology

MIKE 21



2D modelling
of coast and sea

MIKE HYDRO



Integrated basin
management

LITPACK



Littoral processes
and coastline kinetics

MIKE 11



Unlimited river
modelling



WEST



Modelling and
simulation of WWTPs

MIKE URBAN



Urban water modelling

MIKE FLOOD

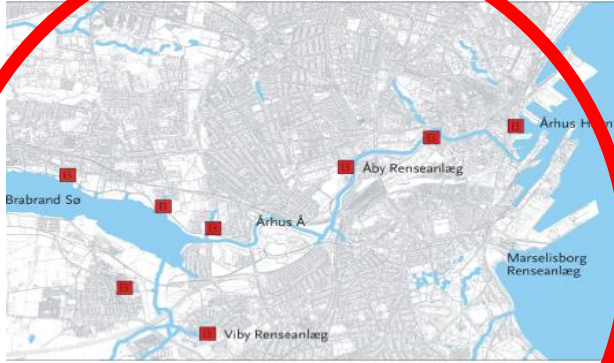


Urban, coastal and
riverine flood modelling

Softwareprodukte



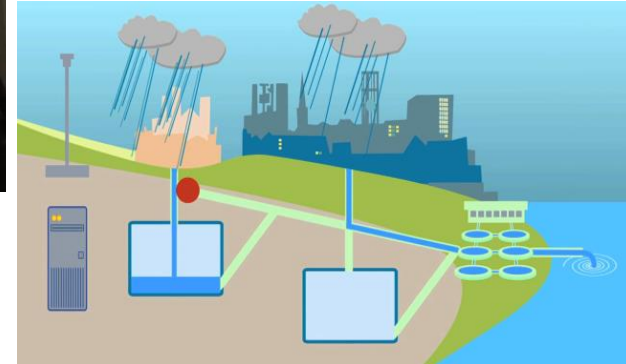
3 Projekte - 1 Lösung



Analyse und Entwurf
2006-2007



Bau der Infrastruktur
2007-2012



Integrierte (modellbasierende)
Steuerung und Warnung
2009-2013

KRÜGER



aarhusvand



Randbedingungen

Ziele:

Vorhersage der
Wasserqualität im
Hafenbecken

Optimierung des
Abwassersystems
und der Kläranlagen

Fluss dient als Vorfluter
für die Stadtentwässerung

Gute Wasserqualität
- Hafenbecken
- Hafencity

Klimabedingte Zunahme von Hochwasser
infolge von urbanen Sturzfluten

Wasserstand im Hafenbecken
Abhängigkeit vom Fluss und
Meereswasserspiegel?



Identifizierung der Herausforderungen

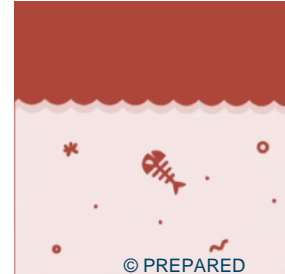
Ausreichendes Rückhaltevolumen:

- Kosten & Platzbegrenzung in der Altstadt



Ausreichende Wasserqualität:

- Badegewässerqualität im Brabrand
- Badegewässerqualität im Hafen
- Teilweise Fluss Århus

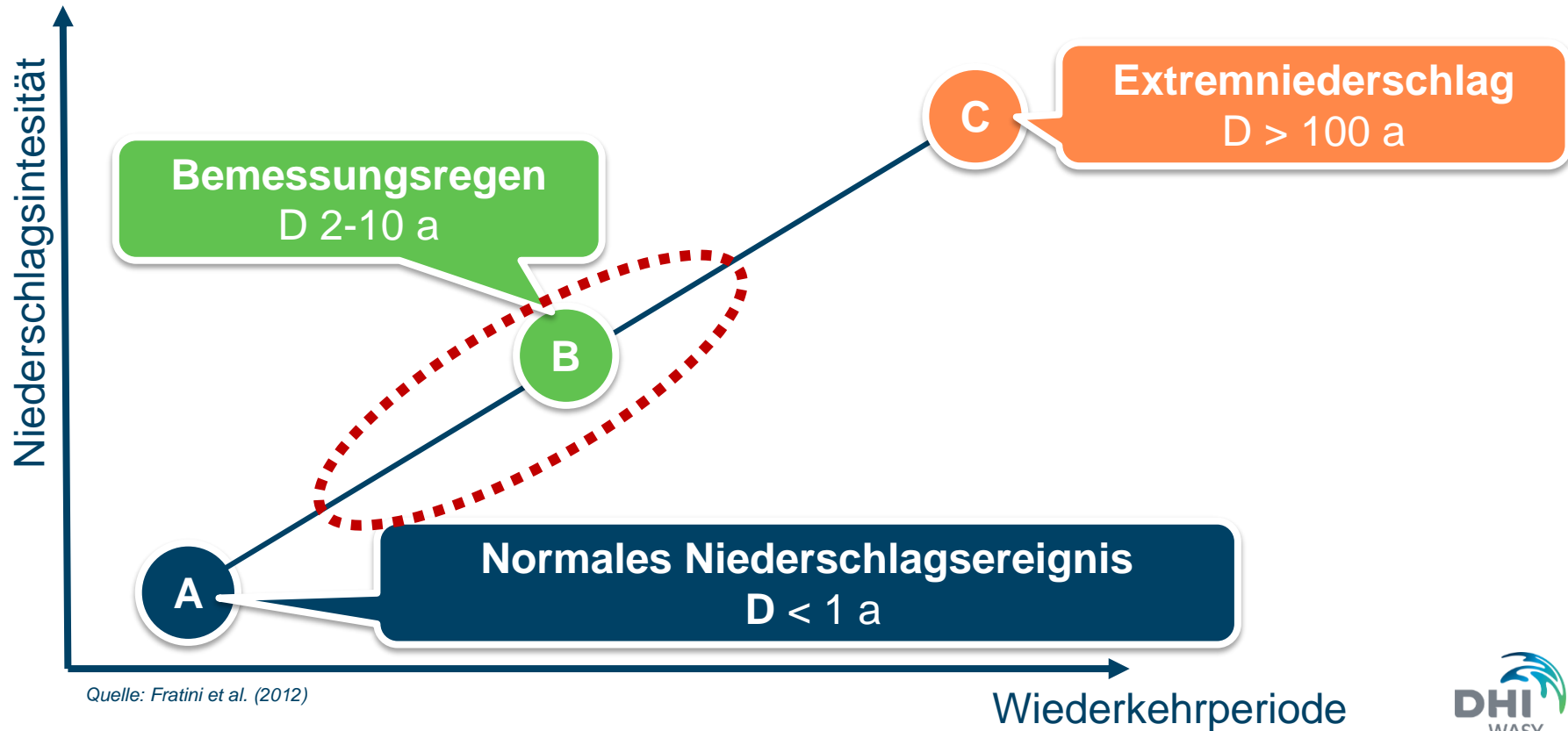


Klimawandel:

- Niederschlagsintensität (20% bei Starkniederschlagsereignissen)
- Anstieg des Meeresspiegels (50 cm)



Zustände: Ziel, ausgelegt für einen Regen mit 2-10a

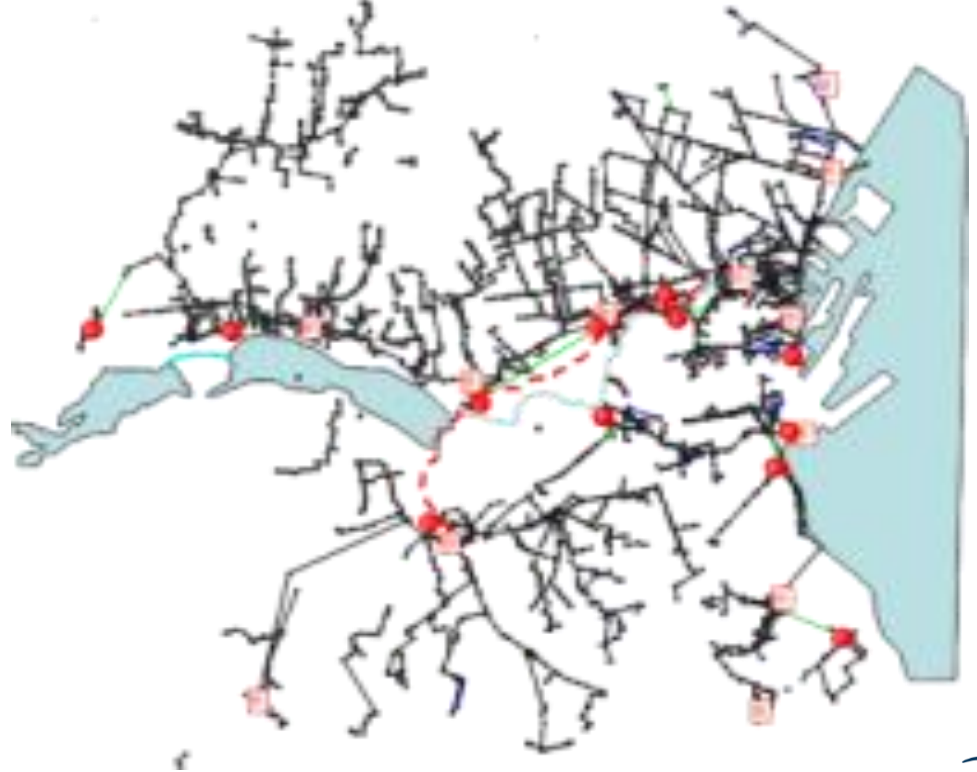


Suche nach der richtigen Lösung

Zahlreiche Szenario-Untersuchungen basieren auf integrierter Modellierung:

- Retentionsvolumen der Rückhaltebecken
- Abwassersystem
- Hydraulische Leistungsfähigkeit der Kläranlagen
- Entfernung von Mischwasserabschlägen
- Desinfizierung an den Kläranlagenausläufen
- Berücksichtigung von Klimawandel-Szenarios

Mike Urban Modell

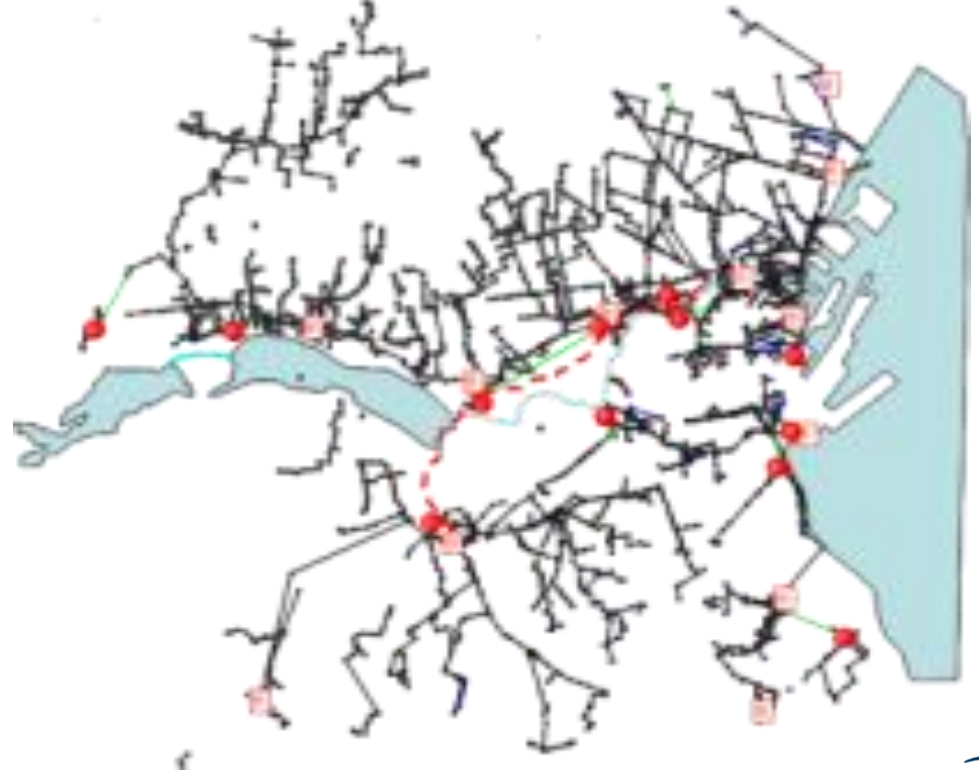


Suche nach der richtigen Lösung

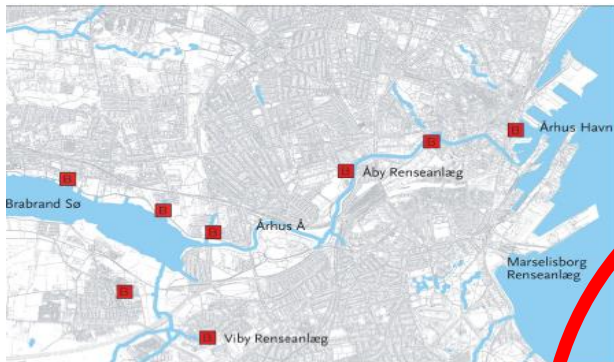
Szenario-Untersuchungen identifizierten folgenden Bedarf:

- Neubau von 7 Rückhaltebecken (insgesamt 67.000 m³)
- Ausbau der Rückhaltevolumina auf den 3 Kläranlagen (Optimierung NKB)
- Desinfizierung des Ablaufs aus 2 Kläranlagen

Mike Urban Modell



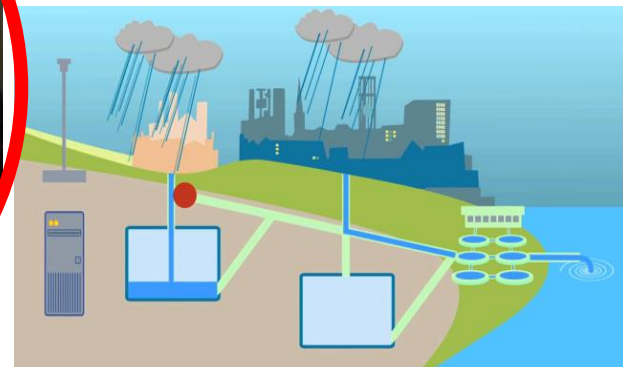
3 Projekte - 1 Lösung



Analyse und Entwurf
2006-2007



Bau der Infrastruktur
2007-2012



Integrierte (modellbasierende)
Steuerung und Warnung
2009-2013

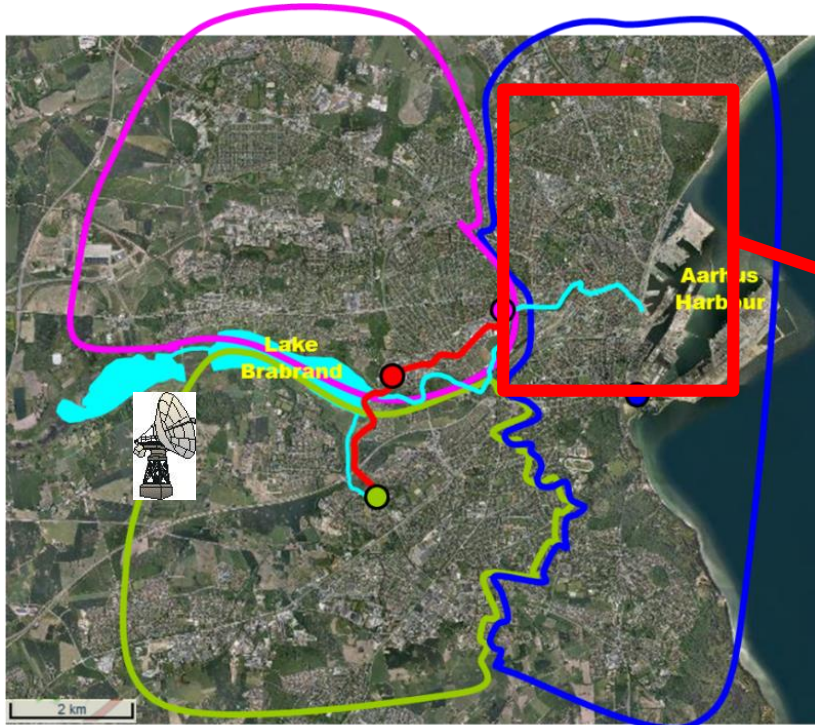
KRÜGER



aarhusvand



Bau von Rückhaltebecken und Infrastruktur 2007-2012



- WWTP Marselisborg and catchment
- WWTP Viby and catchment
- WWTP Aaby and catchment
- Pump. St. AabyVest and trunk sewers



Catchment:
Marselisborg North
incl. old city centre

TB: 16000 m³; 15.7 mm

HB: 3200 m³; 8.2 mm

MB: 1300 m³; 7 mm

CB: 15200 m³; 23.8 mm

KB: 3600 m³; 22 mm

Pumping Station

Bau von Rückhaltebecken 2007



Bau von Rückhaltebecken 2007



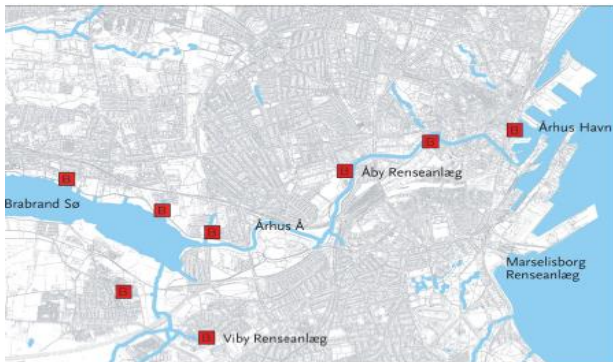
Fertiggestellt 2011



Fertiggestellt 2011



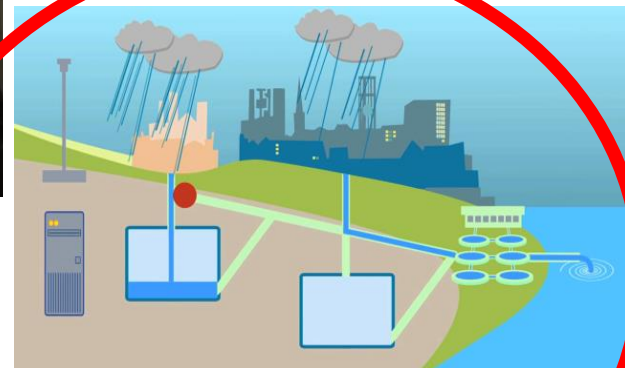
3 Projekte - 1 Lösung



Analyse und Entwurf
2006-2007



Bau der Infrastruktur
2007-2012



Integrierte (modellbasierende)
Steuerung und Warnung
2009-2013

KRÜGER



aarhusvand



Integrierte **Echtzeit-Monitoring**, Modellierung und Steuerung

Automatisierter Betrieb von:

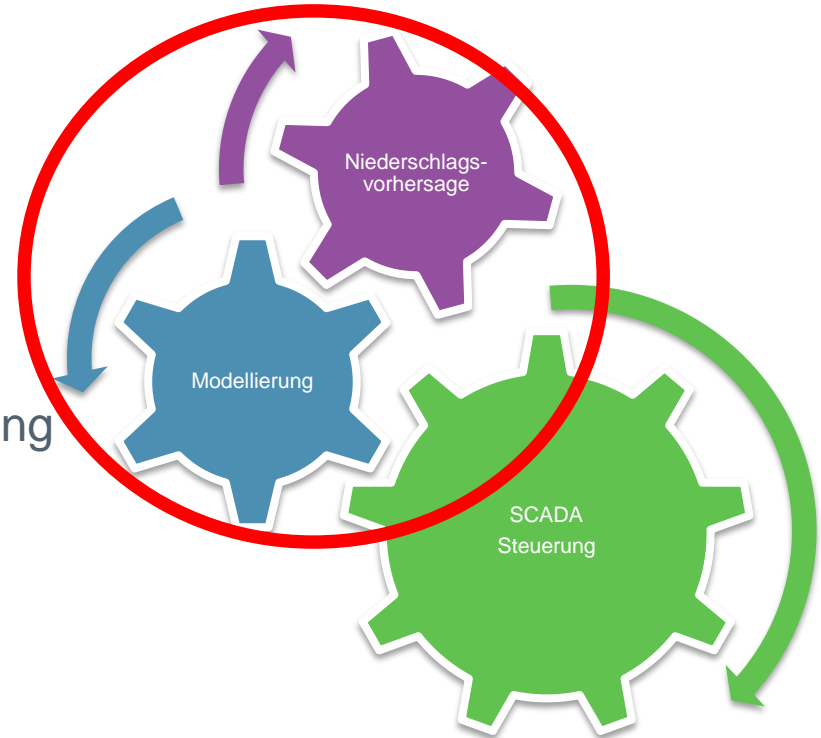
- Datenerfassung
- Datenaufbereitung
- Modellausführung
- Optimale Strategiefindung
- Steuerungsanweisung und -ausführung
- Auslösen von Alarmen



Integrierte **Echtzeit-Monitoring**, Modellierung und Steuerung

Automatisierter Betrieb von:

- Datenerfassung
- Datenaufbereitung
- Modellausführung
- Optimale Strategiefindung
- Steuerungsanweisung und -ausführung
- Auslösen von Alarmen

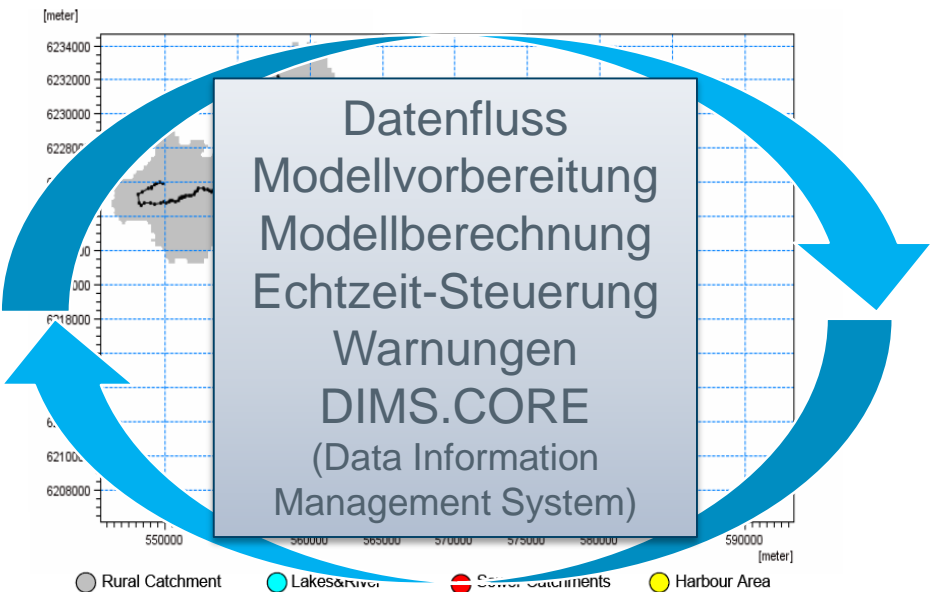
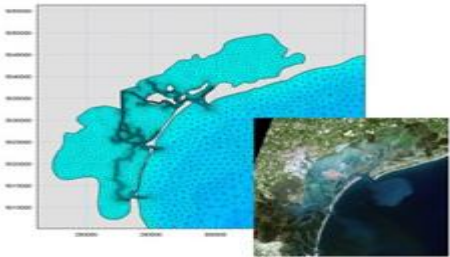


Automatisierte integrierte Modellierung

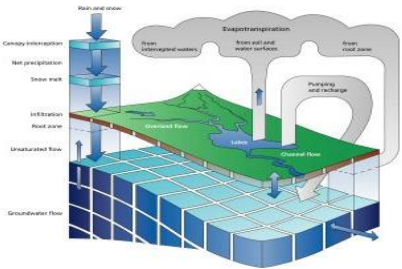
Niederschlagsradar



MIKE 3



MIKE SHE



MIKE 11



MIKE URBAN



DHI lokales **Niederschlagsradar** (LAWR)

Kleinskaliges Niederschlagsradar

- X-Band

Reichweite

- 60 km für Vorhersage
- 20 km für quantitative Aussagen

Auflösung (kartesisch)

- 500 x 500 m
- 250 x 250 m
- 100 x 100 m

Messperiode

- 1 oder 5 Minuten



Niederschlags-
radar (LAWR)

Niederschlag

MIKE SHE

Ein integriertes Echtzeitsteuerungs- und Frühwarnsystem für Århus

MIKE Urban /
MIKE 11

Erhöhung der hydraulische
Leistungsfähigkeit der
Kläranlagen

Desinfizierung an
den Kläranlagen-
ausläufen

SCADA

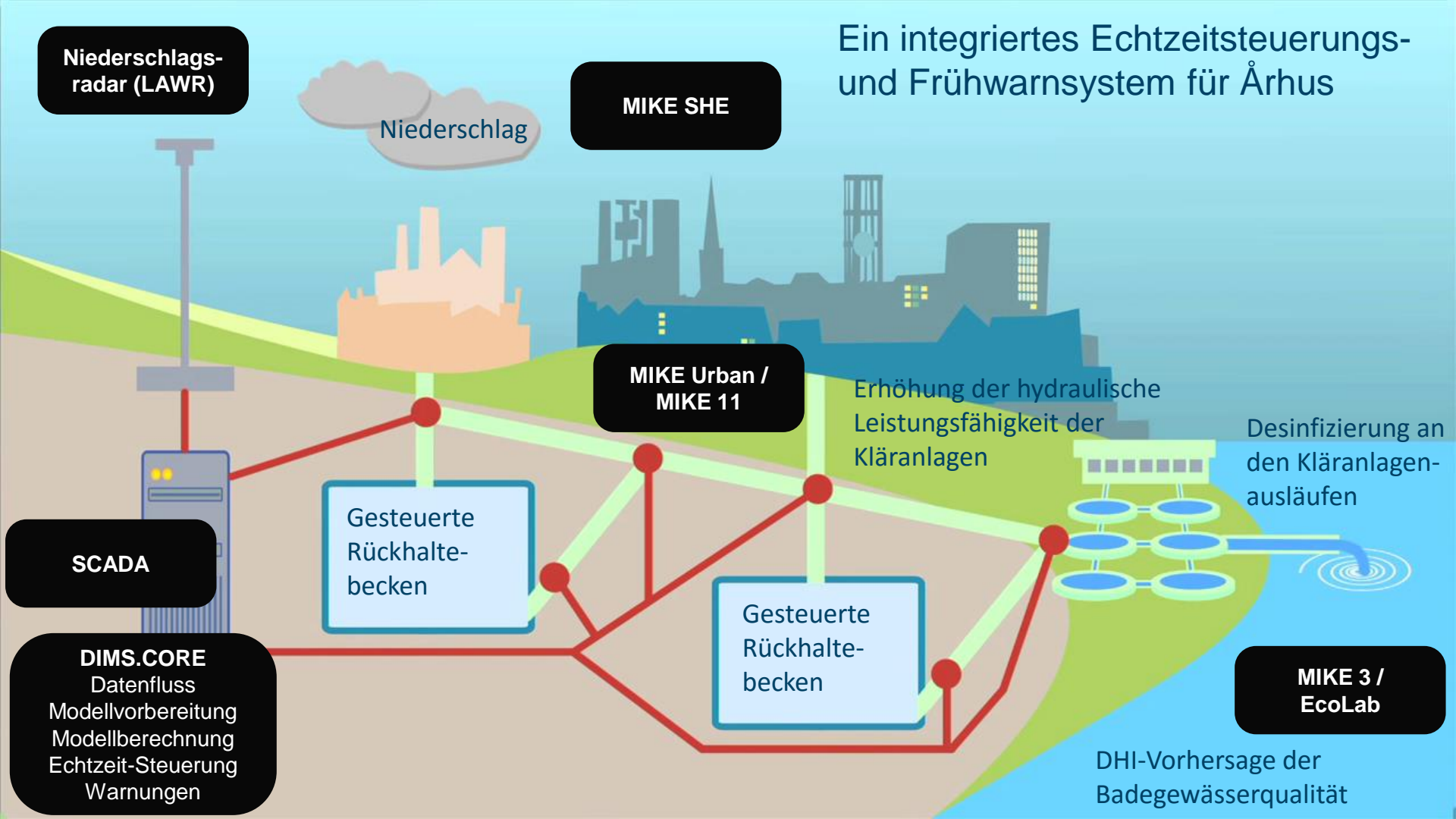
Gesteuerte
Rückhalte-
becken

Gesteuerte
Rückhalte-
becken

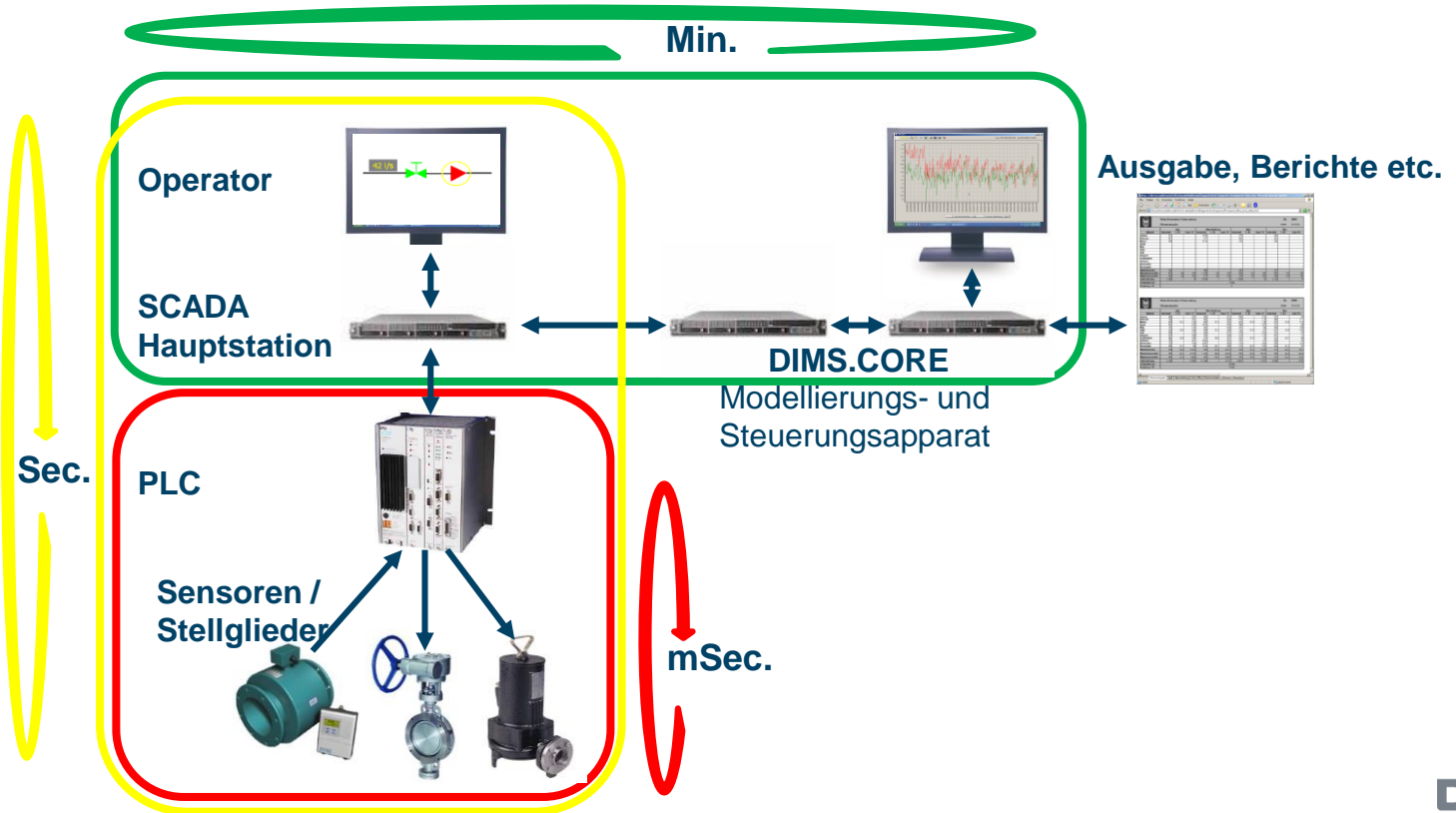
MIKE 3 /
EcoLab

DIMS.CORE
Datenfluss
Modellvorbereitung
Modellberechnung
Echtzeit-Steuerung
Warnungen

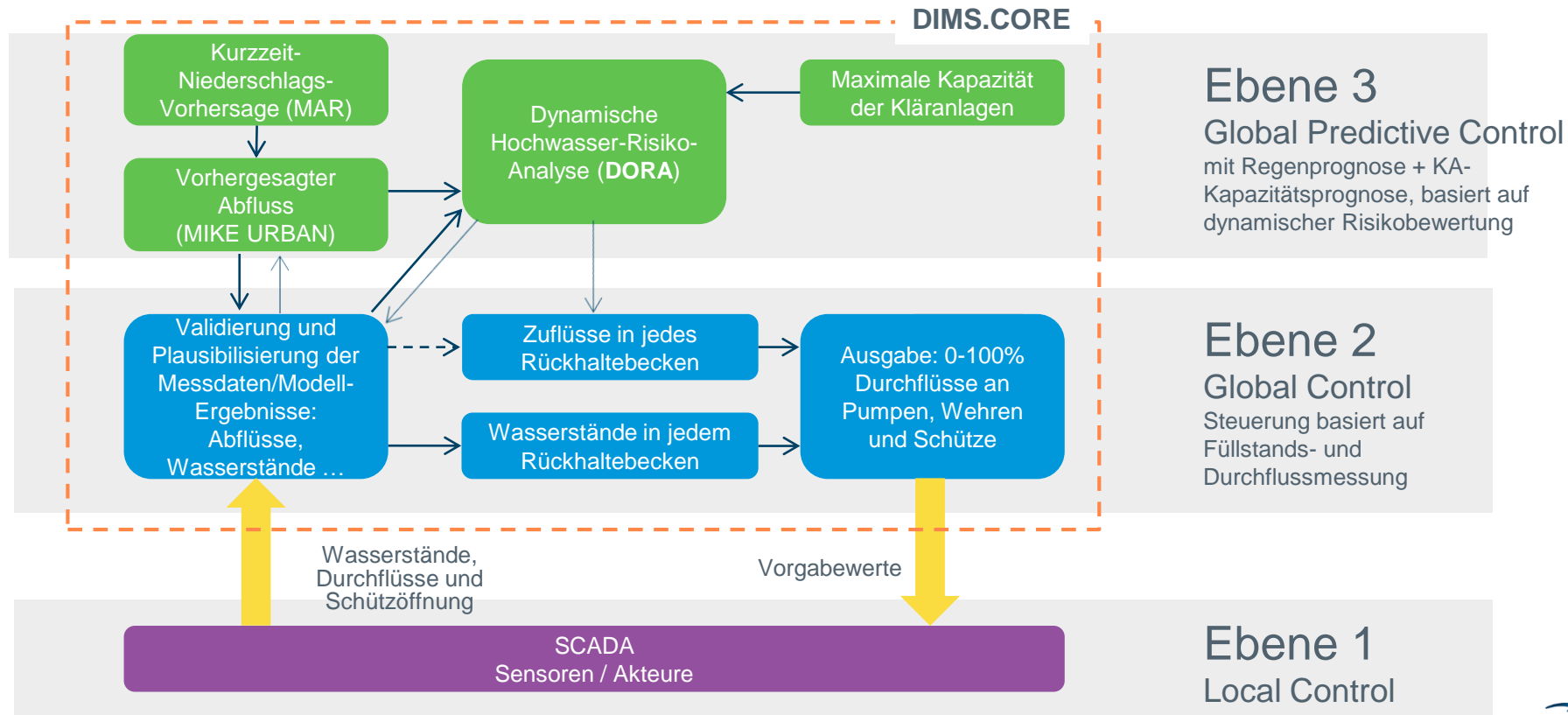
DHI-Vorhersage der
Badegewässerqualität



Prozesssteuerungs-Einheiten



Steuerungsebenen mit Rückfallstrategie



Ebene 1

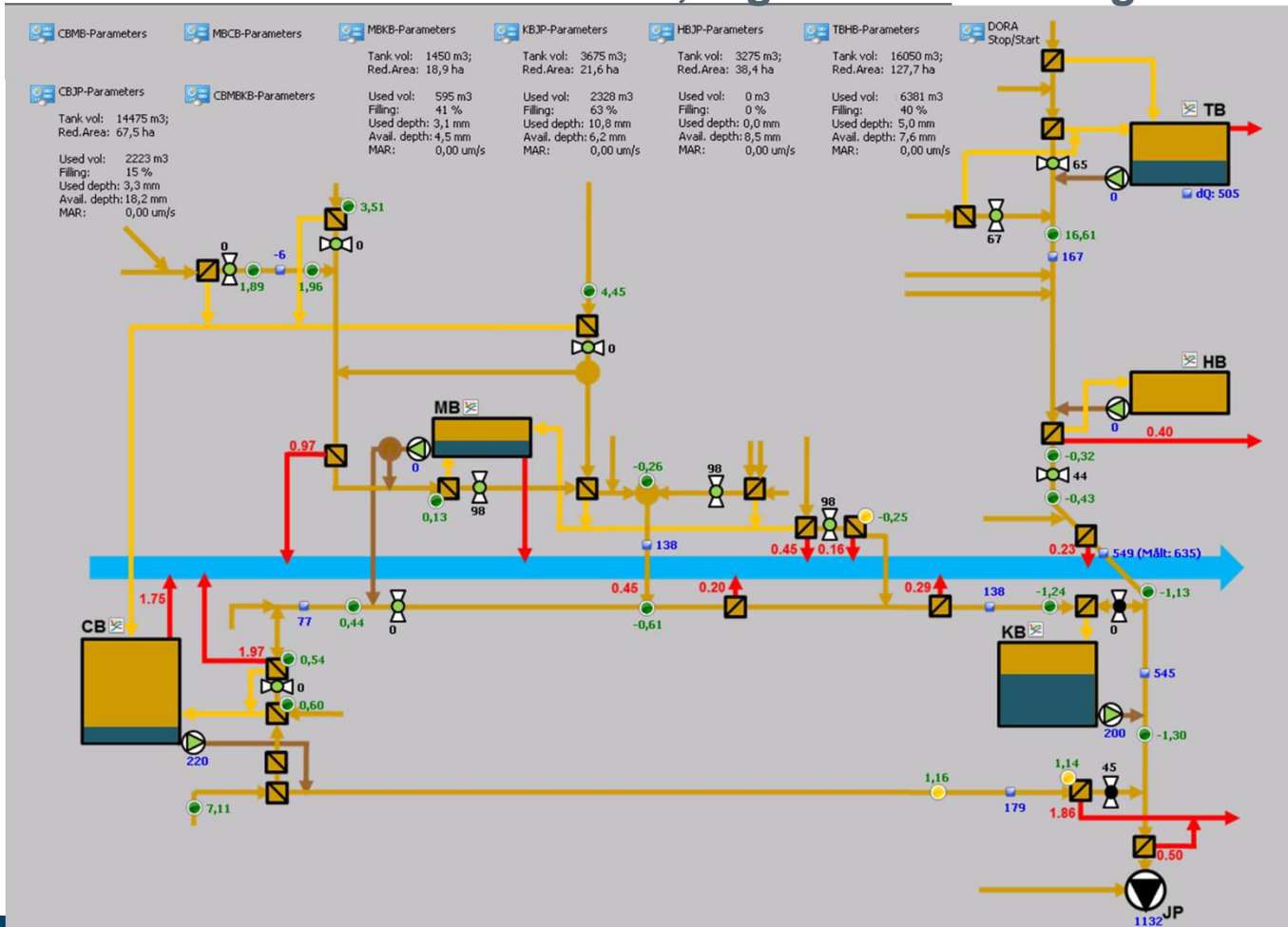
GATE/VALVE			
PI number	SM-TB010		
Description	Valve Dr. Margrethesvej		
Component	Knife gate valve DIN 400		
Actuator	Sipos 5 PROFITRON		
Location	Well road Dr. Margrethesvej		
Well number	Q01030K		
Elevations (meters)	Terrain	Cover lid	Top of pipe
	21.24	21.24	18.46
Valve movement (meters)	0.285		
Valve indication	Opening percentage		
PLC valve position address	TB747:DB96.DBDW 454		
Underbase /profibus add.	ET 200M /Profibus add. 13		
PLC located at	Trøjborg Basin		
SCADA node	Eskelund		
SCADA Tag Name	CO-SM-TB010-POS		
SCADA error Tag Name	CO-SM-TB010-DRIFTFEJL		
Image doc. files	IMG0097; IMG0100		



Ebene 1 - Eingebautes Equipment

- Füllstandsmesser: Siemens Probe LU, Siemens Probe LR
- Durchflussmesser: Nivus OCM Pro CF; Siemens MAGflow
- Schieber, Drosseleventile: verschiedene Hersteller, angepasst
- Stellglieder: Sipos 5 PROFITRON
- UPS: APC 2200XL
- PLC/SCADA: Siemens S7; Software: Siemens Step7; Hauptstation: Proficy iFIX

Ebene 2 – Bedienoberfläche mit Rechenwerten, Abgleich von Steuerungsaktionen etc.



Ebene 2 – Bedienoberfläche mit Rechenwerten, Abgleich von Steuerungsaktionen etc.

Tøjborg PID control: Set-points and Regulator parameters

Select control type and PID parameters

Elevation ☒ ESKE.SW-LT-HB718-KOTE_EX
Flow ☐ ESKE.SW-LT-TB710-Q_HB718

	Elevation [m]	Flow [l/s]
Set-point *	-0,65	100
Upper limit	0,2	800
Lower limit	-1,26	0

Gain, Kc: 2,2 0,5
Time step, Ts [min]: 1 1
Integral time, Ti [min]: 12,67 10
Derivative time, Td [min]: 8,53 5

Dynamic Risk Assessment
Connection: TBHB Active ☐
Max. allowed elev.: Upstream 17 Downstream -0,25

*) If Dynamic Risk Assessment is active, the set-point from this is used with FlowPID during rain and shortly after. In dry weather ElevationPID is used

Control of emptying flow Tøjborg storage tank

	Minimum	Maximum
PID result [%]	75	99
Flow [l/s]	70	260

Time step [min]: 1
Control active: ☒

Control of valve/gate Tøjborgvej

	Minimum	Maximum
PID result [%]	25	50
Opening [%]	0	100

Time step [min]: 1
Control active: ☒

Control of valve/gate Dr. Margrethesvej

	Minimum	Maximum
PID result [%]	45	75
Opening [%]	0	100

Time step [min]: 1
Control active: ☒

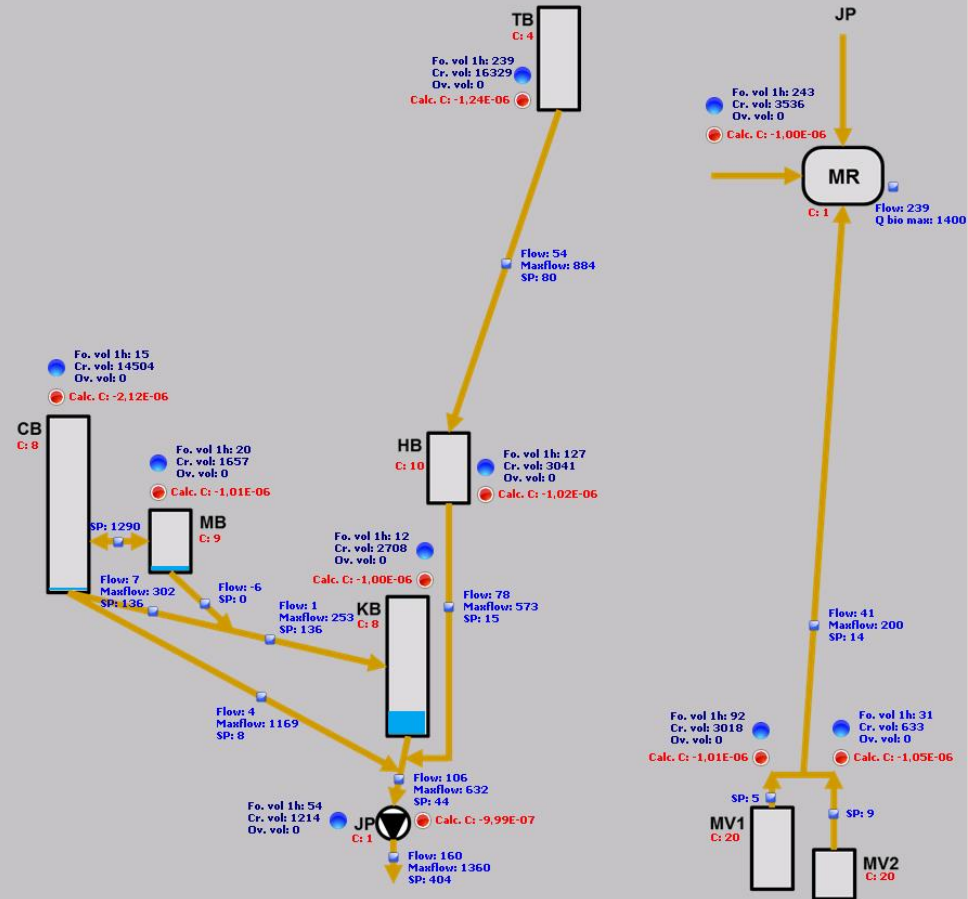
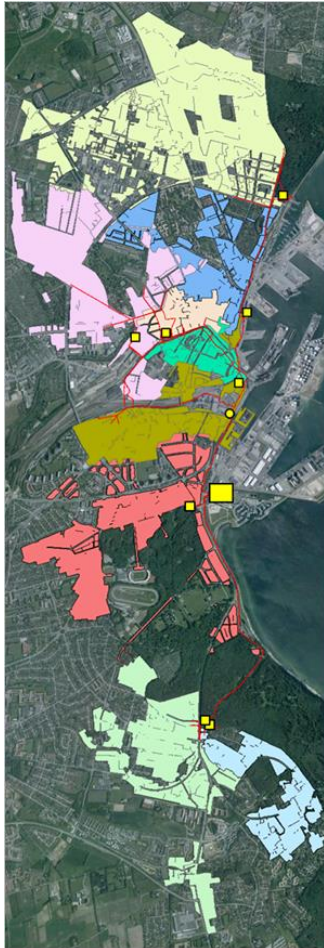
Control of valve/gate N/A

	Minimum	Maximum
PID result [%]		
Opening [%]		

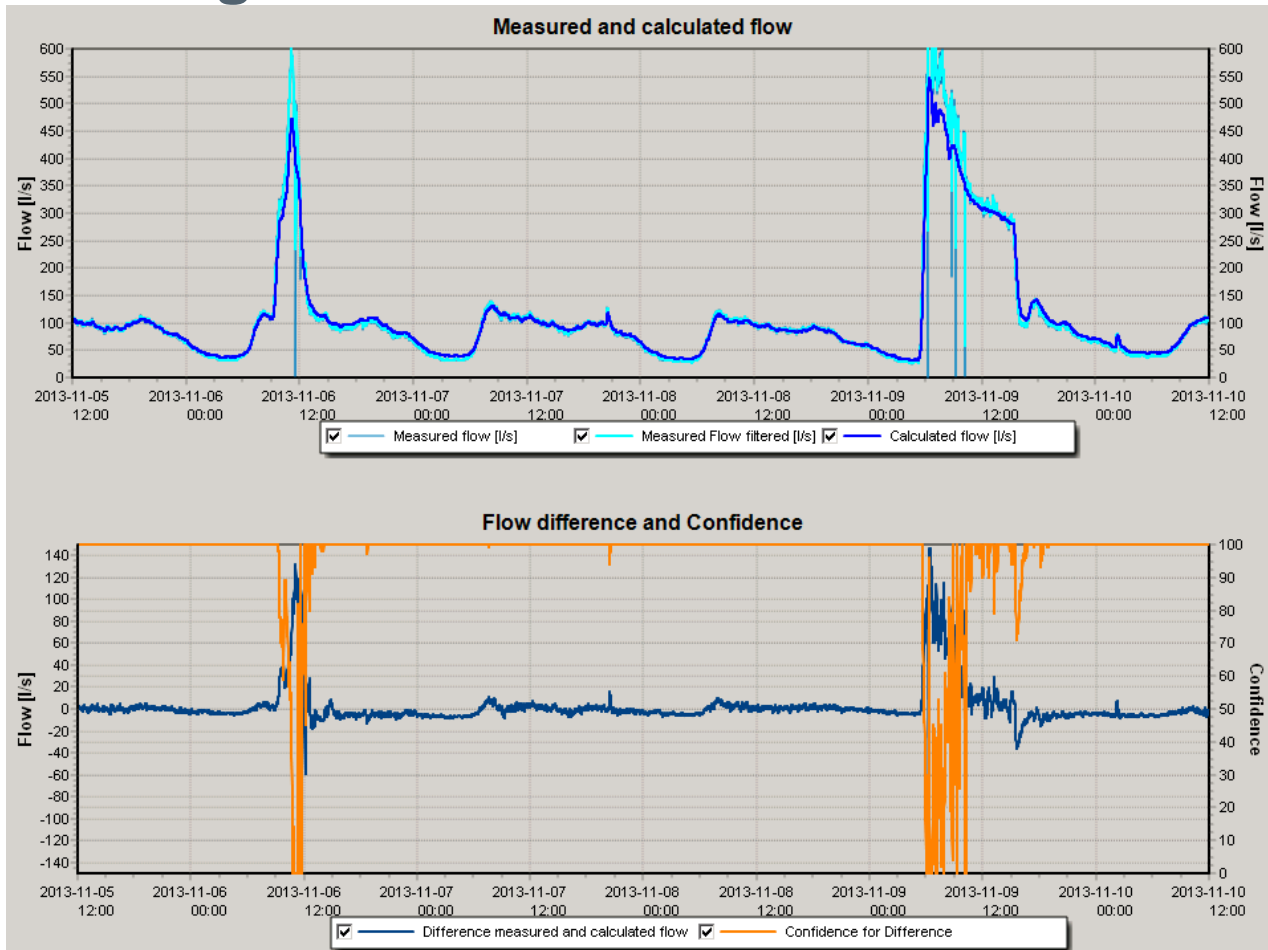
Time step [min]:
Control active: ☐

OK Skip

Ebene 3 mit Vorhersage

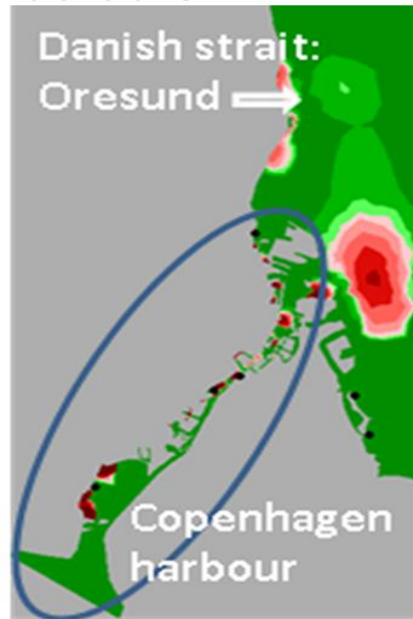


Kreuzvalidierung von Durchflussdifferenzen

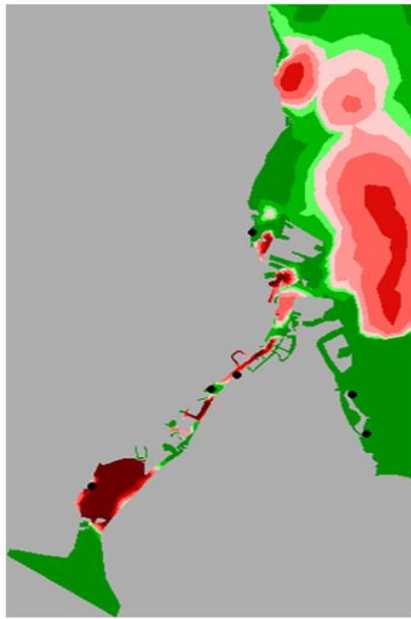


DHI-Vorhersage der Badegewässerqualität

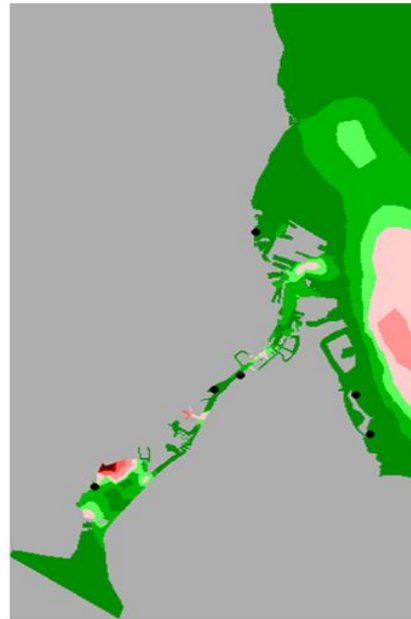
00:00 Uhr



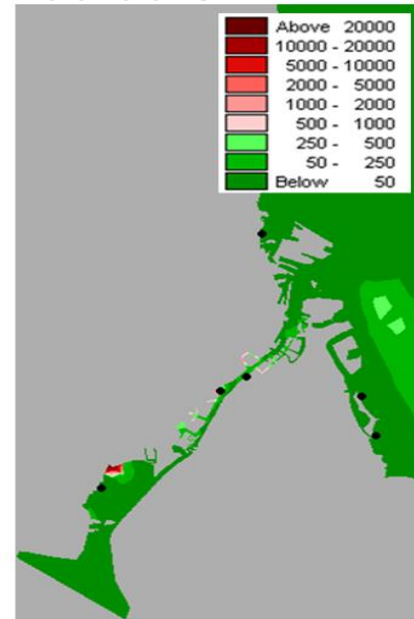
8:00 Uhr



16:00 Uhr



00:00 Uhr



DHI-Vorhersage der Badegewässerqualität mit Web-site und App

Badning kan i nogle tilfælde medføre sundhedsrisiko. Flagene på kortet viser badevandskvaliteten i dag. Klik på et flag viser prognose for badevandskvalitet og strandvej de kommende dage.

 God badevandskvalitet

 Dårlig badevandskvalitet

 Badevandsprognose under udvikling

 Badested lukket for sæsonen

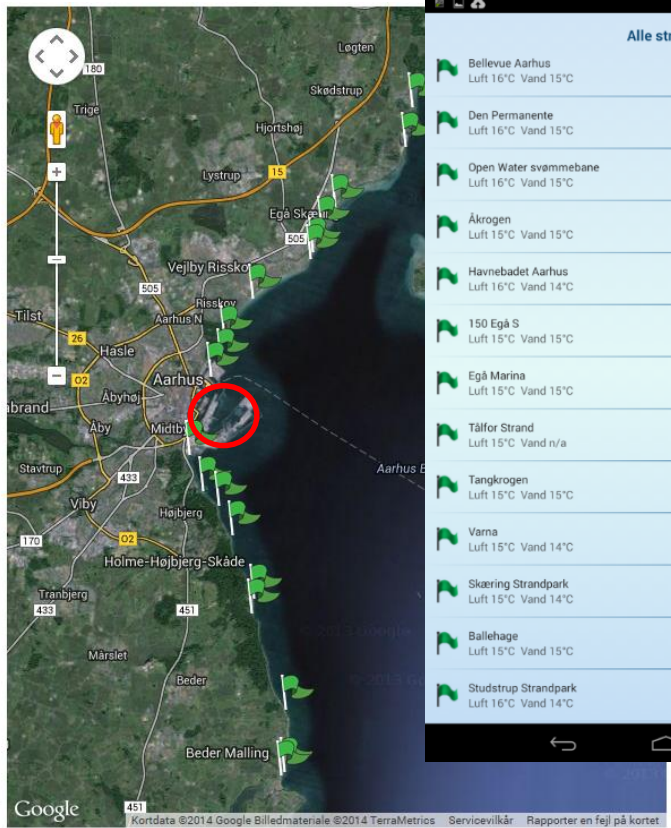
Spring direkte til din kommune eller strand.














Du kan også få badevandsprognosen til **iPhone** og **Android**. Søg efter "badevand" eller klik herunder.













Badevandsudsigten bygger på en avanceret computersimulering af strøm, vandtemperatur, m.m. langs kysterne, samt - når der sker udledning af spildevand til havmiljøet - af koncentrationen af fækale indikatorbakterier ved badestrandene (badevandskvaliteten). Læs om detaljerne i [den tekniske beskrivelse](#).

Badevandsudsigten er udarbejdet af [DHI](#) i samarbejde med [Århus](#), [Veile](#) og [Kolding](#) kommuner.



Alle strande	
 Bellevue Aarhus	Luft 16°C Vand 15°C
 Den Permanente	Luft 16°C Vand 15°C
 Open Water svømmebane	Luft 16°C Vand 15°C
 Åkrogen	Luft 15°C Vand 15°C
 Havnebadet Aarhus	Luft 16°C Vand 14°C
 150 Egå S	Luft 15°C Vand 15°C
 Egå Marina	Luft 15°C Vand 15°C
 Tålfør Strand	Luft 15°C Vand n/a
 Tangkrogen	Luft 15°C Vand 15°C
 Varna	Luft 15°C Vand 14°C
 Skæring Strandpark	Luft 15°C Vand 14°C
 Ballehage	Luft 15°C Vand 15°C
 Studstrup Strandpark	Luft 16°C Vand 14°C



Havnebadet Aarhus			
I DAG	16. september	tir.	
		Luft	Vand
		16°C	14°C
Regn 0 mm			
Direkte afstand 5 km			
17. sep	18. sep.	19. sep.	
			
			
14°C	Lufttemperatur kl. 15:00	14°C	
14°C	Vandtemperatur kl. 15:00	13°C	
0 mm	Regn	0 mm	

Projekt Status



...Badewasserqualität in
Brabrand See (hygienisch)



...verbesserte Wasserqualität &
periodische Badetauglichkeit
im Aarhus



... Badewasserqualität im
Hafen (hygienisch)

Kosteneinsparung

Konventionelle oder herkömmliche
Retentionsbecken

79,0 Mio EUR

Steuerbare und kleine Rückhaltebecken
Automatisierung und Steuerungssystem

45,6 Mio EUR

1,7 Mio EUR

Summe 47,3 Mio EUR

Einsparung

32,0 Mio EUR (40%)

Fazit für Århus

- Personal muss aktiv bei der Entwicklung und Implementierung beteiligt werden.
- Ein gut ausgebautes Messsystem im Abwassersystem ist notwendig.
- Zur Erreichung eines optimalen Betriebszustands sind weitergehende Kalibrierungen des Systems erforderlich.
- Es sollten ausreichende Steuermöglichkeiten eingerichtet werden.
- SCADA-System muss immer aktuellen Systemstatus abbilden und daher auf dem aktuellen Stand gehalten werden. Einpflege von Online-Daten ist zwingend notwendig.
- Verantwortungen der unterschiedlichen Organisationen müssen klar definiert sein (insbesondere für den 24/7 Fall). -> Benachrichtigungsdienst
- Seit Herbst 2013 ist Ebene 3 in Betrieb -> Badegewässerqualität hat sich in 2014 merklich verbessert.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Paul Engelke, DHI WASY

peng@dhigroup.com

+49-30-67 99 98 781

Wir digitalisieren, modellieren und visualisieren Wassersysteme.

