

Das LARSIM-Wassertemperaturmodell für Luxemburg: Modellaufbau, Beschattungsszenarien und Wirkung der Talsperre Esch-Sauer

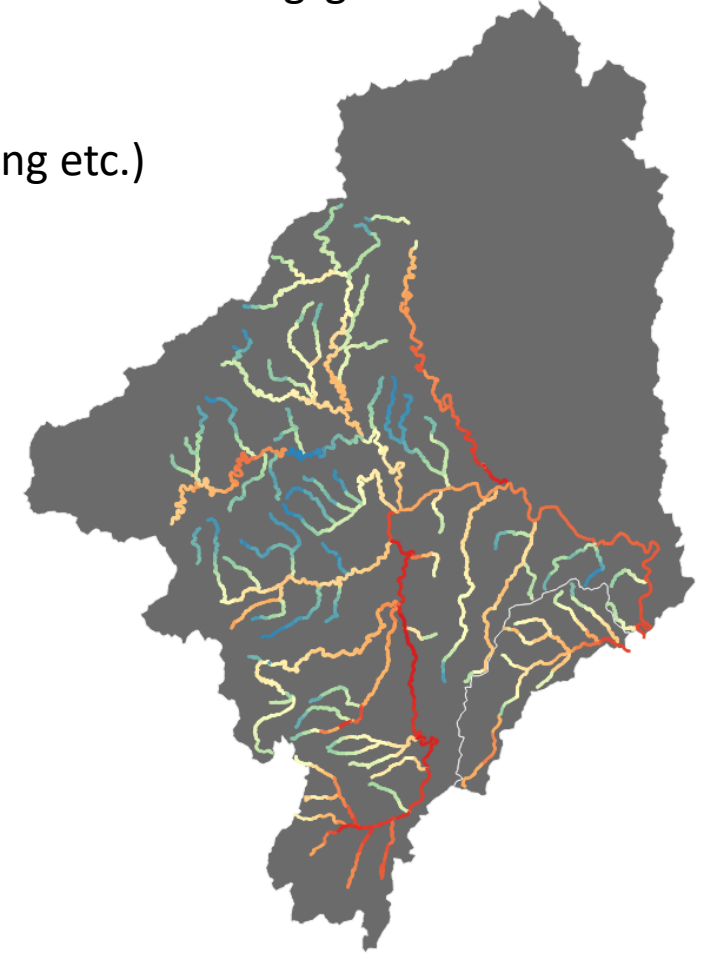
Marc Steichen (Administration de la gestion de l'eau Luxembourg)
Dirk Aigner, Katharina Teltscher, Ingo Haag (HYDRON GmbH, Karlsruhe)

Internationaler LARSIM-Workshop 2024
13.03.2024

- Aktualisierung des WWM
- Ableitung der Gewässerbeschattung
- Beschattungsszenarien
- Wirkung der Talsperre Esch-Sauer

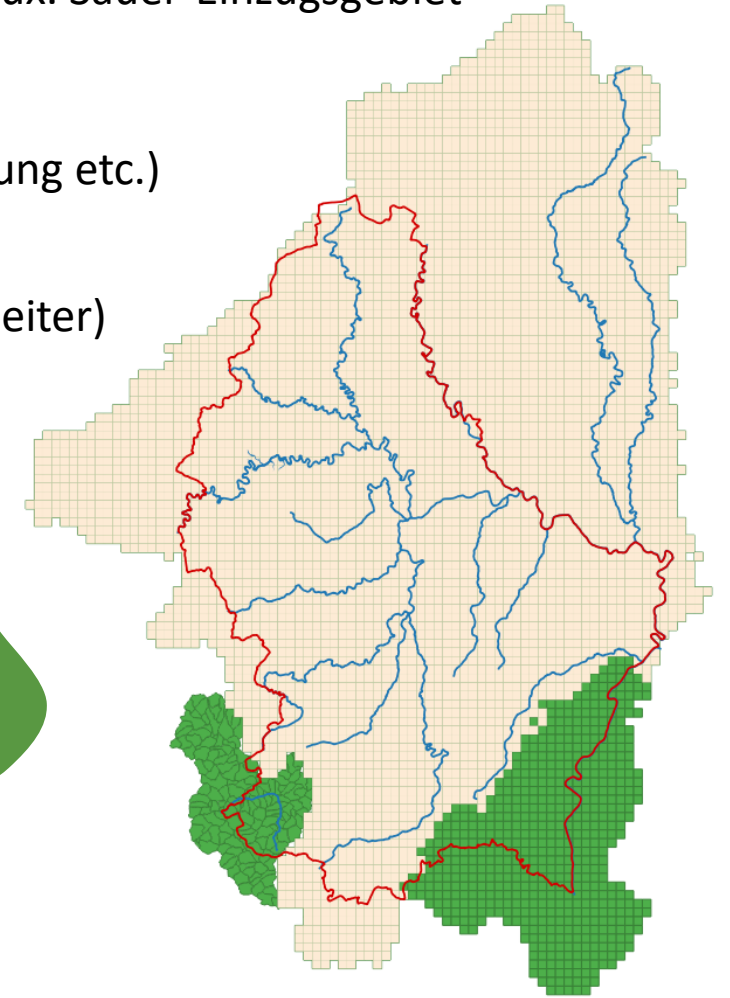
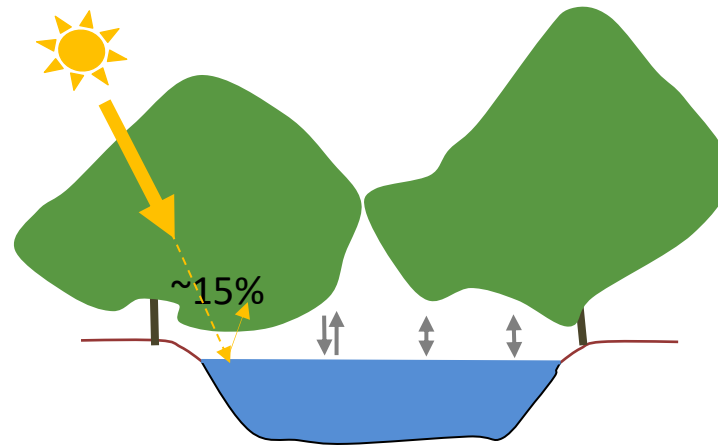
Aktualisierung des WWM

- 2020: Aufbau eines Wasserhaushalts-Wassertemperatur-Modells (WWM) für das lux. Sauer-Einzugsgebiet
- 2022/2023: Erweiterung und Aktualisierung des WWM
 - Übernahme Aktualisierungen Wasserhaushaltsmodell (Bodendaten, Kalibrierung etc.)



Aktualisierung des WWM

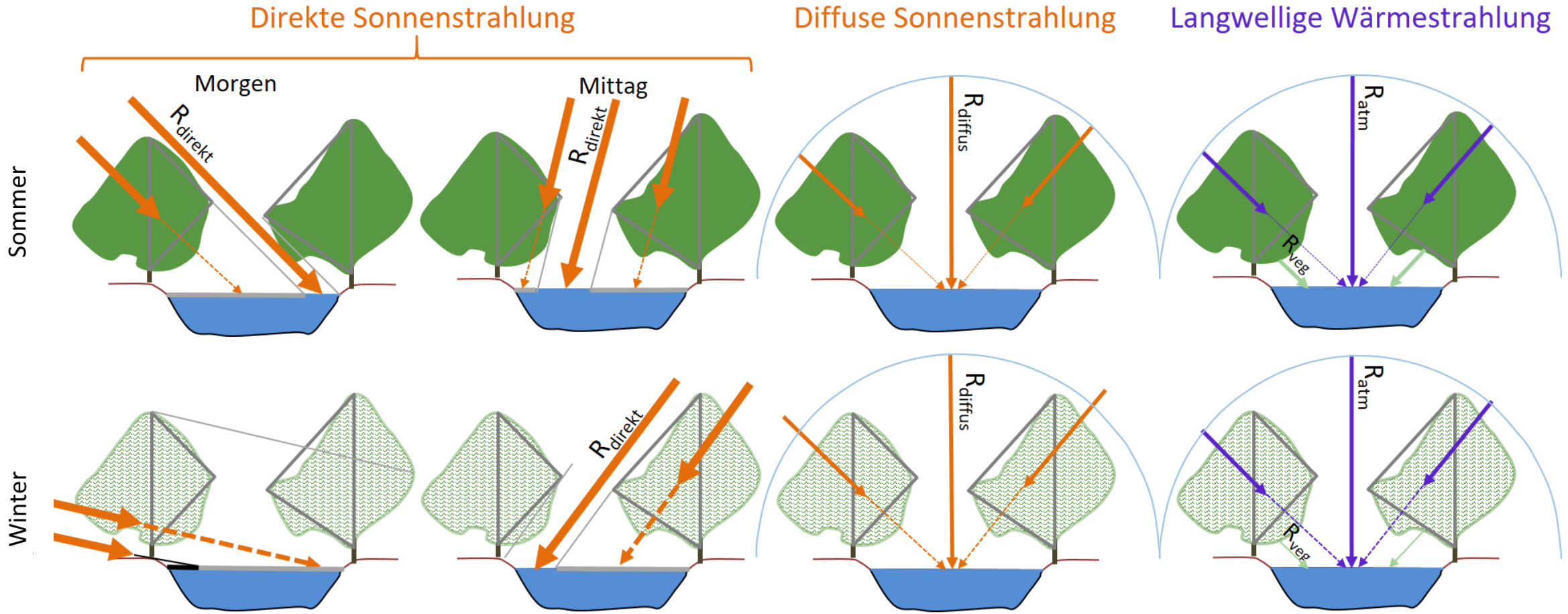
- 2020: Aufbau eines Wasserhaushalts-Wassertemperatur-Modells (WWM) für das lux. Sauer-Einzugsgebiet
- 2022/2023: Erweiterung und Aktualisierung des WWM
 - Übernahme Aktualisierungen Wasserhaushaltsmodell (Bodendaten, Kalibrierung etc.)
 - Integration der direkten Mosel-Zuflüsse und lux. Maas-EZG (Chiers)
 - Verbesserte Abbildung anthropogener Einflüsse (Kläranlagen, industrielle Einleiter)
 - Detaillierte Berücksichtigung der Gewässerbeschattung
 - Nachkalibrierung des Wärmemoduls
- 2023: Anwendung des aktualisierten WWM:
 - Beschattungsszenarien
 - Einfluss der Talsperre Esch-Sauer auf die Wassertemperaturen



- Aktualisierung des WWM
- Ableitung der Gewässerbeschattung
- Beschattungsszenarien
- Wirkung der Talsperre Esch-Sauer

Ableitung der Gewässerbeschattung

- Seit April 2022 (LARSIM-Revision 1047) detaillierte Simulation der Gewässerbeschattung möglich
- Berücksichtigung von Fließrichtung, Höhe der Uferböschung sowie Höhe, Art und Lichtdurchlässigkeit der Ufervegetation → zeitlich dynamische Berechnung der Gewässerbeschattung



Ableitung der Gewässerbeschattung

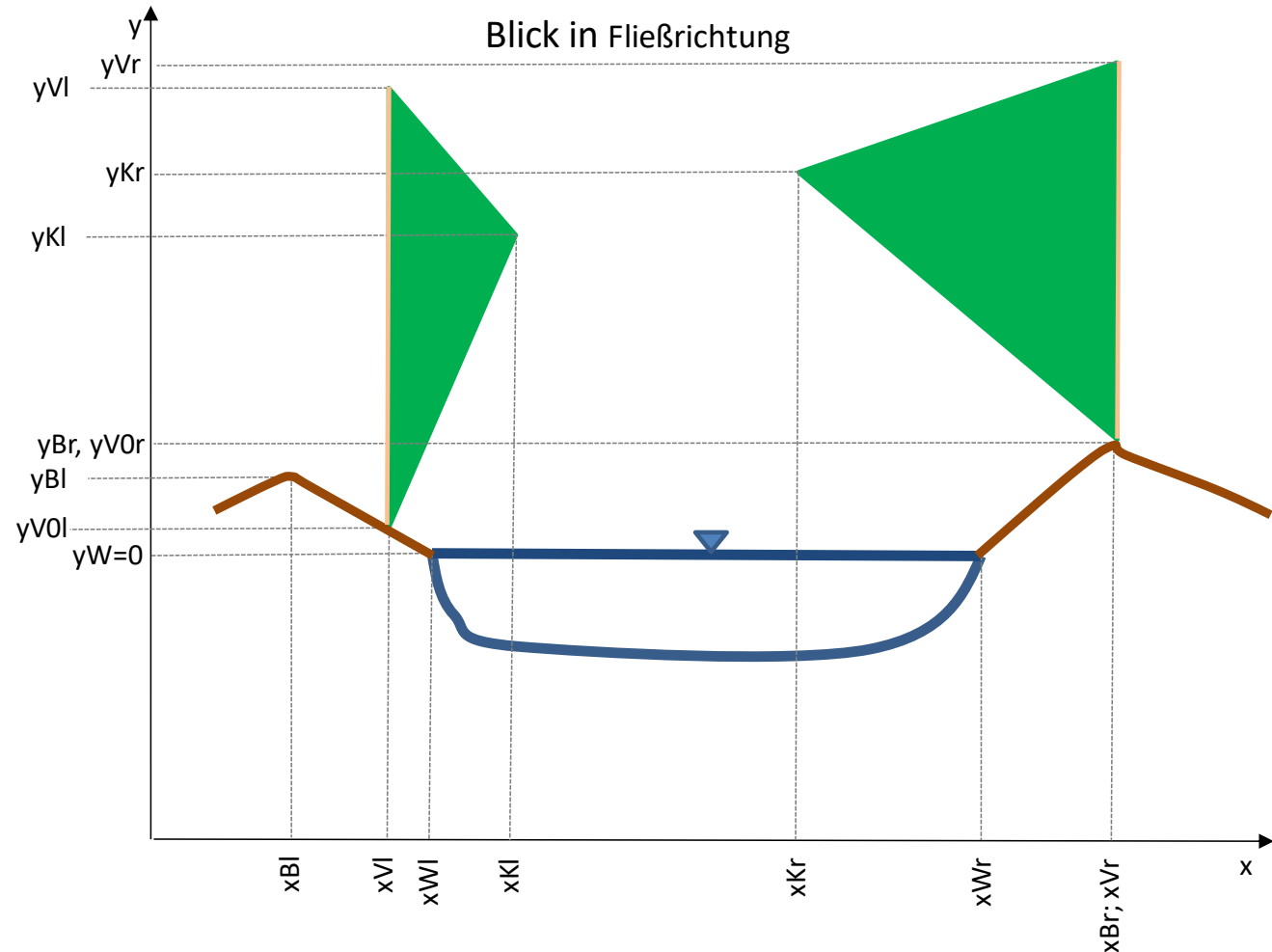
Erforderliche Daten:

- Wasserspiegelbreite
- Fließrichtung

Jeweils linkes & rechtes Ufer:

- Böschung
 - Höhe
 - Breite
- Vegetation
 - Höhe
 - Abstand vom Ufer
 - Lichtdurchlässigkeit
- Baumkrone
 - Höhe
 - Breite

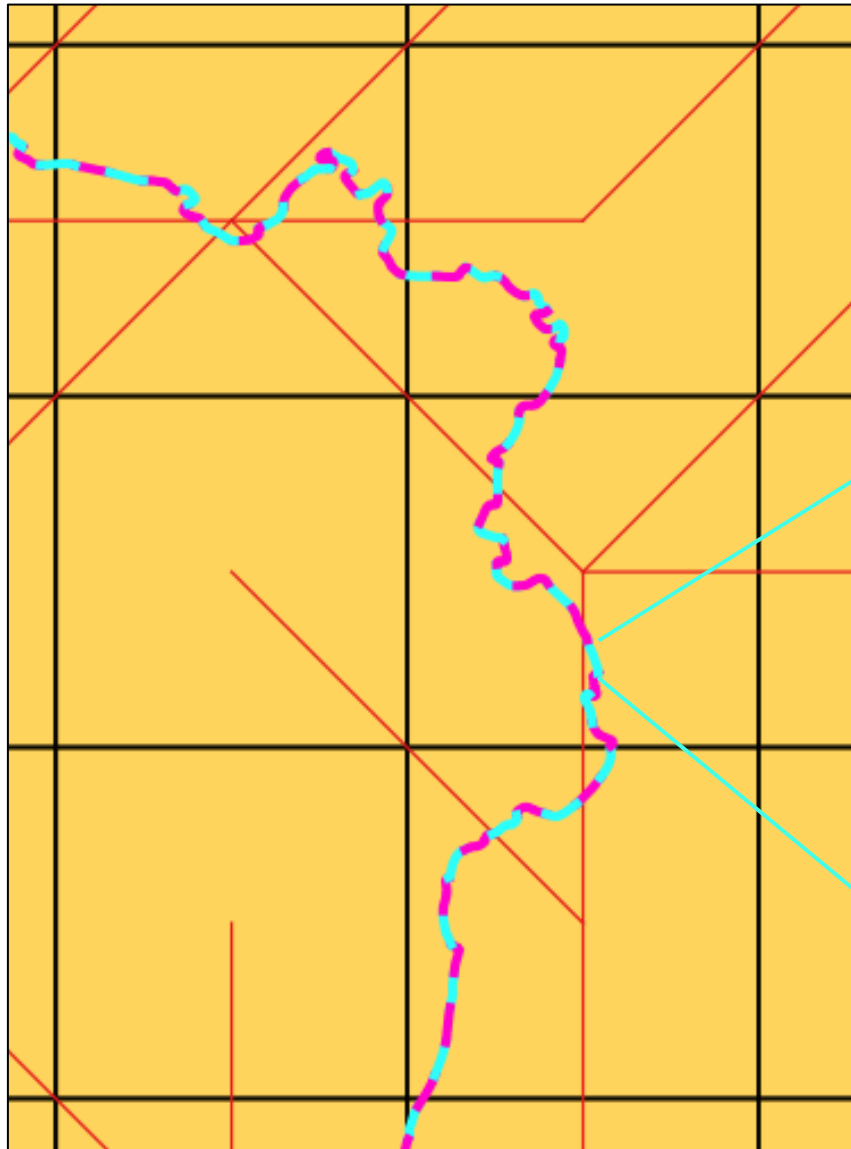
Größe und Lichtdurchlässigkeit der Vegetation jahreszeitlich variabel



Uferböschung; Vegetation; Wasserspiegel; Krone; links; rechts (in Fließrichtung)

Ableitung der Gewässerbeschattung

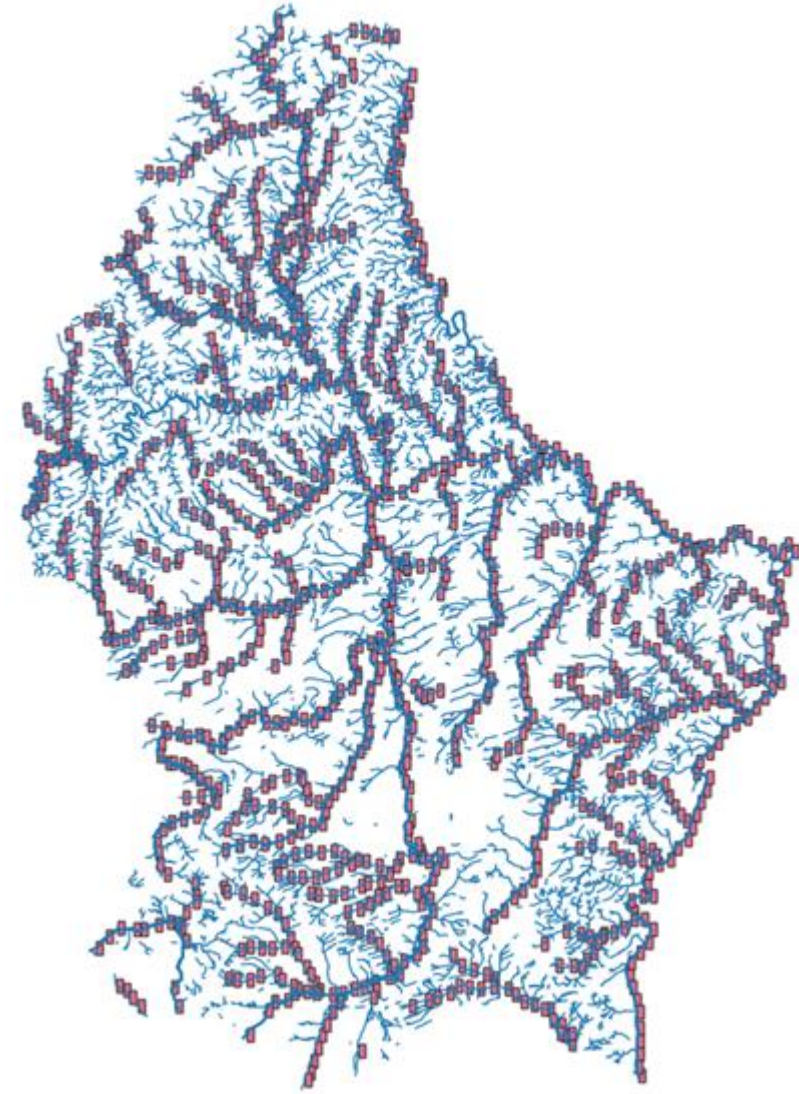
- Aufteilung der Gewässerteilstrecken (GTS) in 100m-Abschnitte
- Beschattungsparameter je Untergewässerteilstrecke (UGTS) in einem Teilgebiet (TGB)
- In LARSIM Berechnung der Beschattung für einzelne UGTS, dann längengewichtete Mittelung für gesamte GTS in TGB



| TGB | UGTS | Rel. Laenge | Parameter | Kommentar | 01.01. | 23.03. | 23.05. | 30.06. | 18.10. | 19.10. | 06.11. |
|-----|------|-------------|-------------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 11 | 1 | 0.00391 | xWl | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yW | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xBl | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yBl | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xVl | Struka | -3 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yVl | Struka | 15 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xKl | Struka | -1.5 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yKl | Struka | 7.5 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xWr | Struka | 1.6 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xBr | Struka | 1.6 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yBr | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xVr | Struka | 4.6 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yVr | Struka | 15 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | xKr | Struka | 3.1 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | yKr | Struka | 7.5 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | TVKl | Struka | 0.6 | 0.6 | 0.15 | | 0.15 | | 0.6 |
| 11 | 1 | 0.00391 | TVKr | Struka | 0.6 | 0.6 | 0.15 | | 0.15 | | 0.6 |
| 11 | 1 | 0.00391 | FlussAzimut | Struka | 21.43 | | | | | | |
| 11 | 1 | 0.00391 | FsDIF | Struka | 0.7 | 0.7 | 0.36 | 0.36 | 0.36 | 0.38 | 0.7 |
| 11 | 2 | 0.02154 | xWl | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 2 | 0.02154 | yW | Struka | 0 | | | | | | |
| 11 | 2 | 0.02154 | xBl | Struka | 0 | | | | | | |

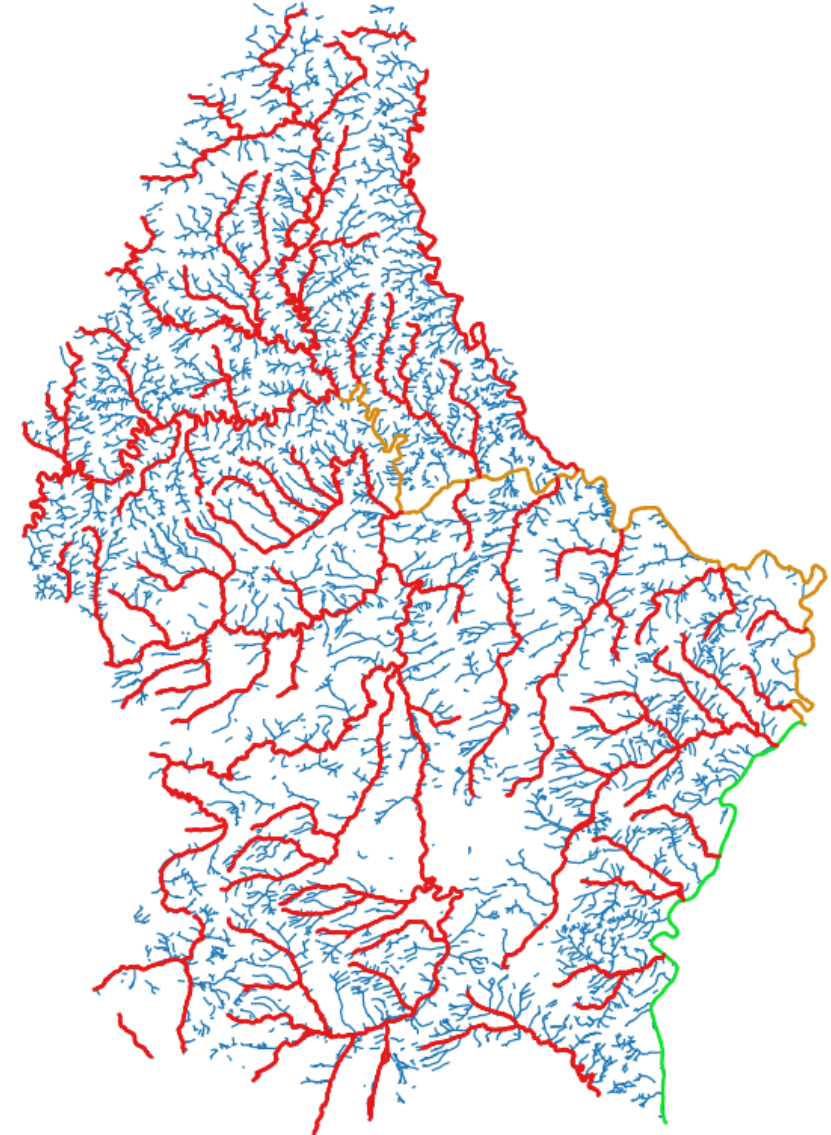
Ableitung der Gewässerbeschattung

- Kombination verschiedener Datensätze:
 - 1) Querprofile → Ableitung von Wasserspiegelbreite und Uferböschung



Ableitung der Gewässerbeschattung

- Kombination verschiedener Datensätze:
 - 1) Querprofile → Ableitung von Wasserspiegelbreite und Uferböschung
 - 2) Gewässerstrukturkartierung → Einteilung 100m-Abschnitte, Zuordnung Gewässernetz zu LARSIM-Fließvernetzung, Zusatzinformationen (verrohrte Abschnitte, Laub- oder Nadelbäume)



Ableitung der Gewässerbeschattung

- Kombination verschiedener Datensätze:
 - 1) Querprofile → Ableitung von Wasserspiegelbreite und Uferböschung
 - 2) Gewässerstrukturkartierung → Einteilung 100m-Abschnitte, Zuordnung Gewässernetz zu LARSIM-Fließvernetzung, Zusatzinformationen (verrohrte Abschnitte, Laub- oder Nadelbäume)
 - 3) LandCover 2018: hochaufgelöster Datensatz der Landnutzung → Ableitung der Ufervegetation (Art und Flächenanteile entlang Ufer)

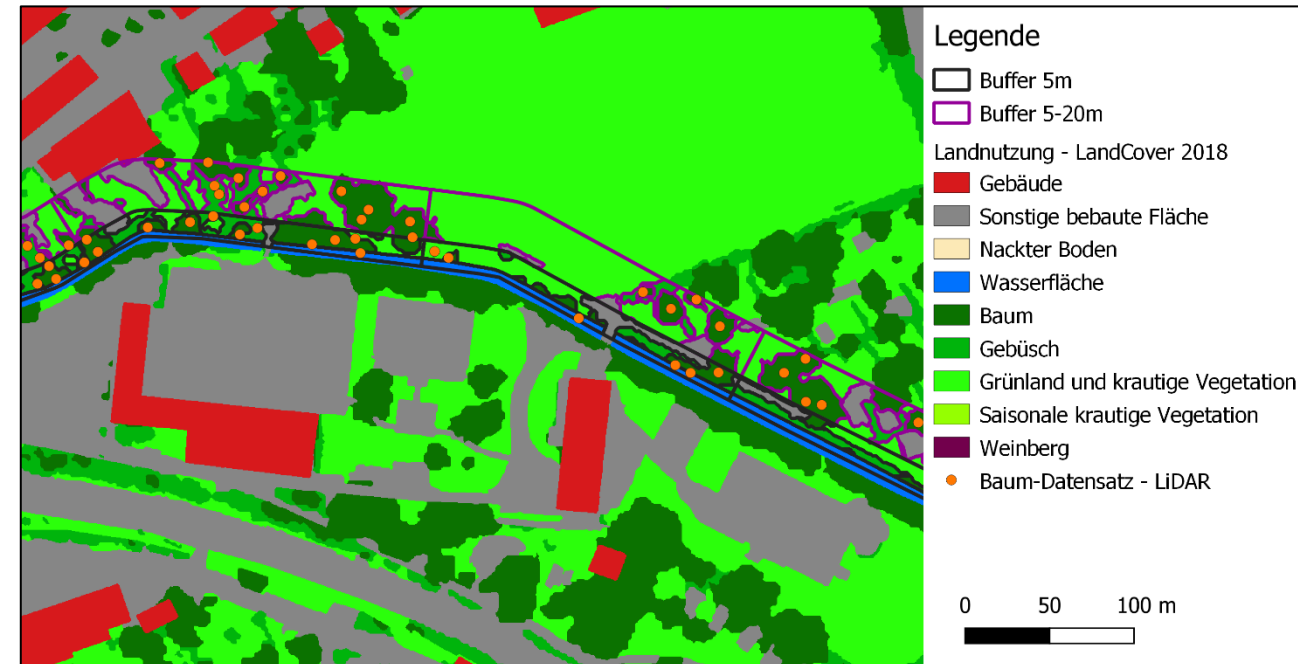
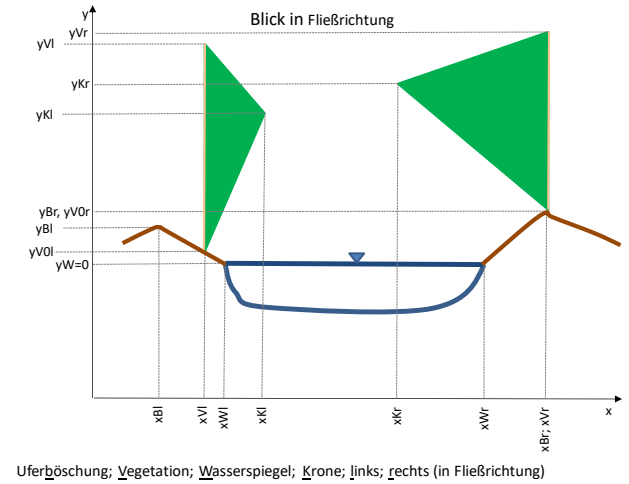


Ableitung der Gewässerbeschattung

- Kombination verschiedener Datensätze:

- 1) Querprofile → Ableitung von Wasserspiegelbreite und Uferböschung
- 2) Gewässerstrukturkartierung → Einteilung 100m-Abschnitte, Zuordnung Gewässernetz zu LARSIM-Fließvernetzung, Zusatzinformationen (verrohrte Abschnitte, Laub- oder Nadelbäume)
- 3) LandCover 2018: hochaufgelöster Datensatz der Landnutzung → Ableitung der Ufervegetation (Art und Flächenanteile entlang Ufer)
- 4) LiDAR → Höhe der Bäume

→ komplexe Auswertung zum Finden der realen Beschattungsverhältnisse, separat für linkes und rechtes Ufer



- Aktualisierung des WWM
- Ableitung der Gewässerbeschattung
- Beschattungsszenarien
- Wirkung der Talsperre Esch-Sauer

tatsächliche, aktuelle
Gewässerbeschattung

Ist-Zustand

Ist-Zustand der Gewässerbeschattung

- Beschattungsparameter abgeleitet aus vorliegenden Datensätzen

theoretisch maximal
mögliche natürliche
Beschattung

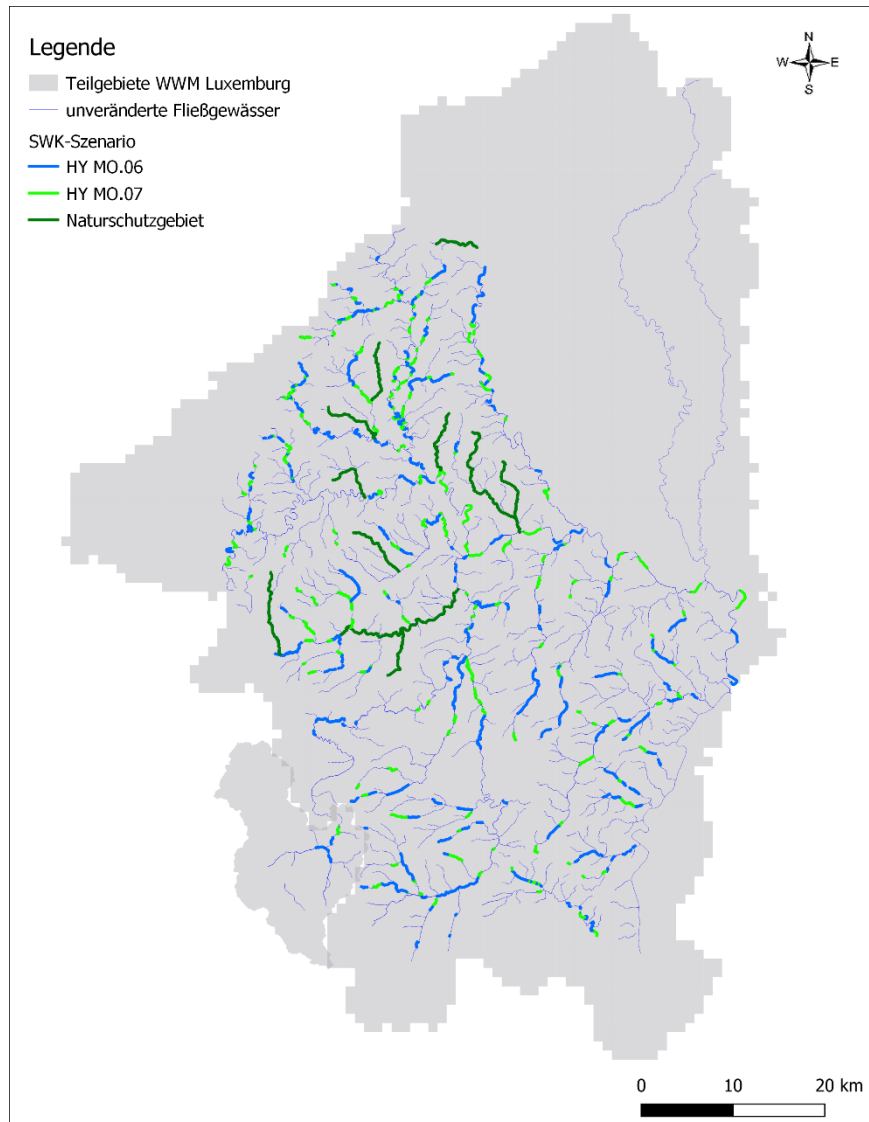
Maximal-Szenario

tatsächliche, aktuelle
Gewässerbeschattung

Ist-Zustand

Maximal-Szenario

- Referenz für maximal mögliche natürliche Gewässerbeschattung
- beide Uferseiten 15 m hohe Laubbäume
- 34 % der Gewässerstrecken unverändert, die im Ist-Zustand bereits besser beschattet sind (z.B. verrohrte Strecken, Nadelwald oder Bäume höher 15 m)

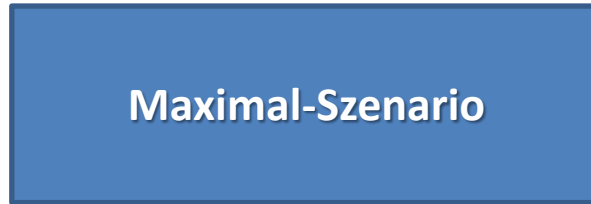


Strahlwirkungskonzept-Szenario (SWK)

- Gewässerabschnitte in Abhängigkeit geplanter Maßnahmen angepasst:
 - **HY MO.06**: Anlage eines Gewässerrandstreifens
→ südlichere Ufer 5 m hohe Vegetation
 - **HY MO.07** und **Naturschutzgebiete**
→ beide Uferseiten 10 m hohe Bäume
- 90 % der Gewässerstrecken unverändert gegenüber Ist-Zustand

Beschattungsszenarien

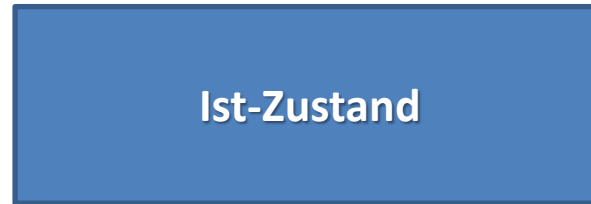
theoretisch maximal
mögliche natürliche
Beschattung



Potential



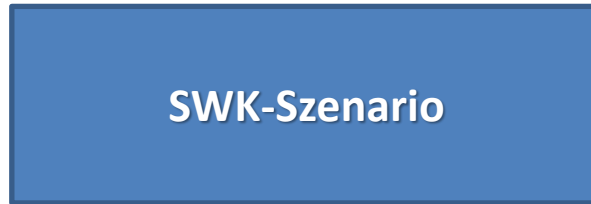
tatsächliche, aktuelle
Gewässerbeschattung



Potential



Szenario mit angepasster
Ufervegetation



Potentialanalyse:

- Simulation und Auswertung der drei Szenarien für 12 jährigen Zeitraum
- Berechnung von ausgewählten Indices
- Vergleich von Szenario mit Ist-Zustand
→ Potential

Beschattungsszenarien

Beschattungsindex (BSI): Anteil der Sonnenstrahlung, die an einem wolkenarmen 1. August die Wasseroberfläche erreicht

→ Maß für die Gewässerbeschattung

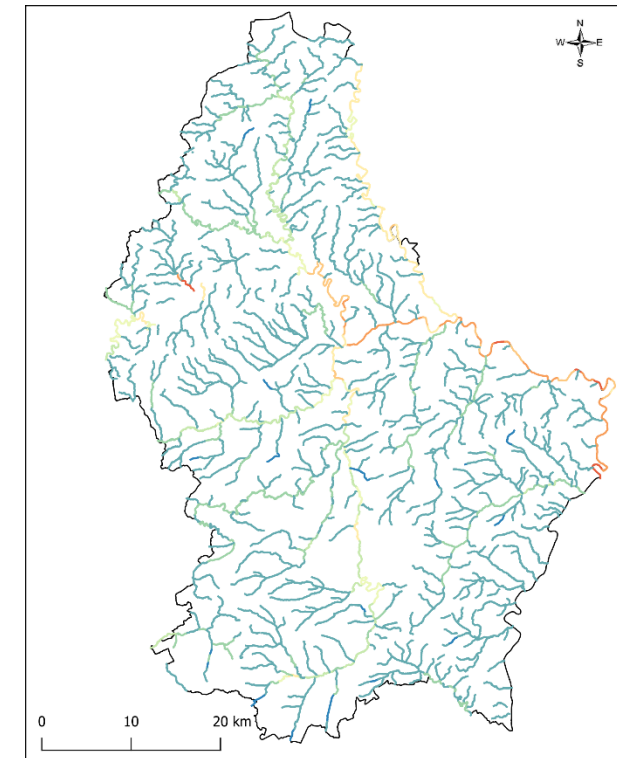
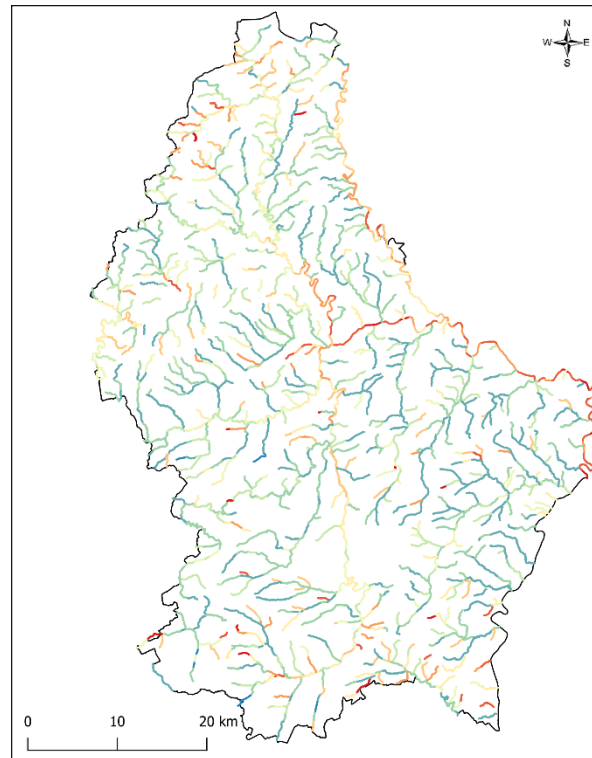
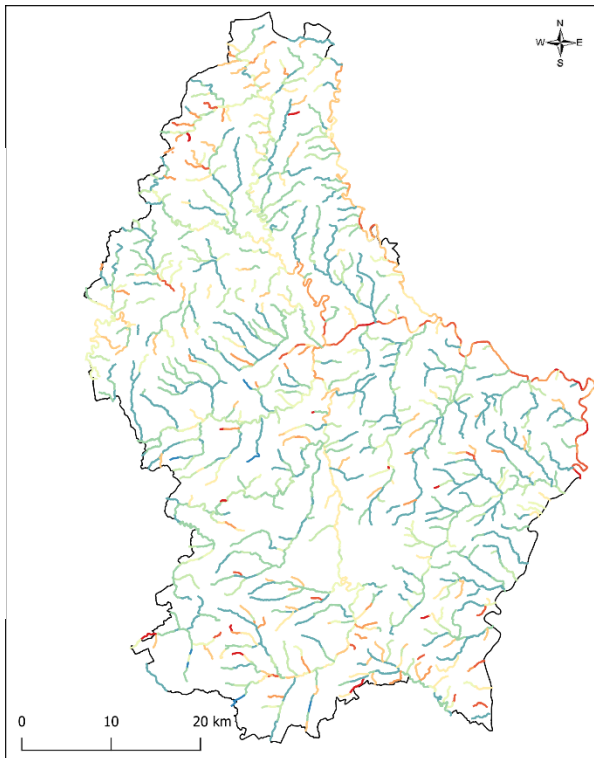
SWK-Szenario
BSI = 0,36

Ist-Zustand
BSI = 0,37

Maximal-Szenario
BSI = 0,22

Absolutwert []

- 0.0 - 0.1
- 0.1 - 0.2
- 0.2 - 0.3
- 0.3 - 0.4
- 0.4 - 0.5
- 0.5 - 0.6
- 0.6 - 0.7
- 0.7 - 0.8
- 0.8 - 0.9
- 0.9 - 1.0

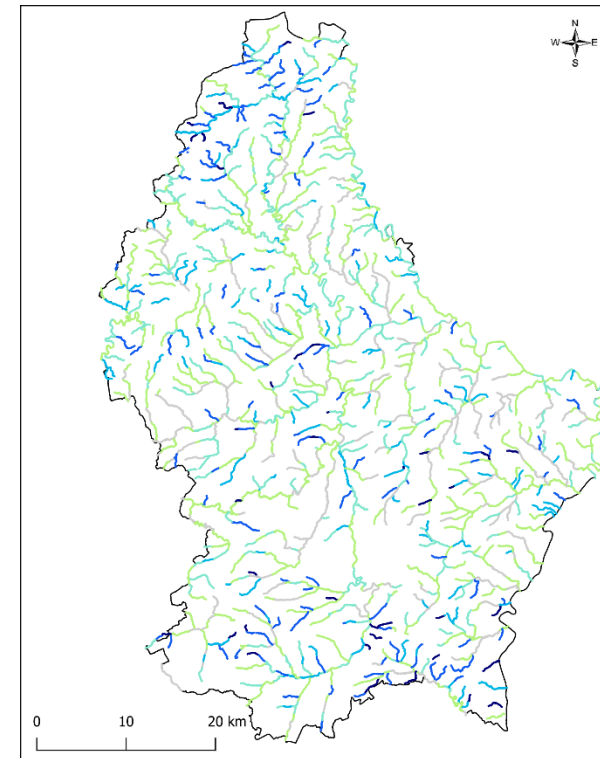
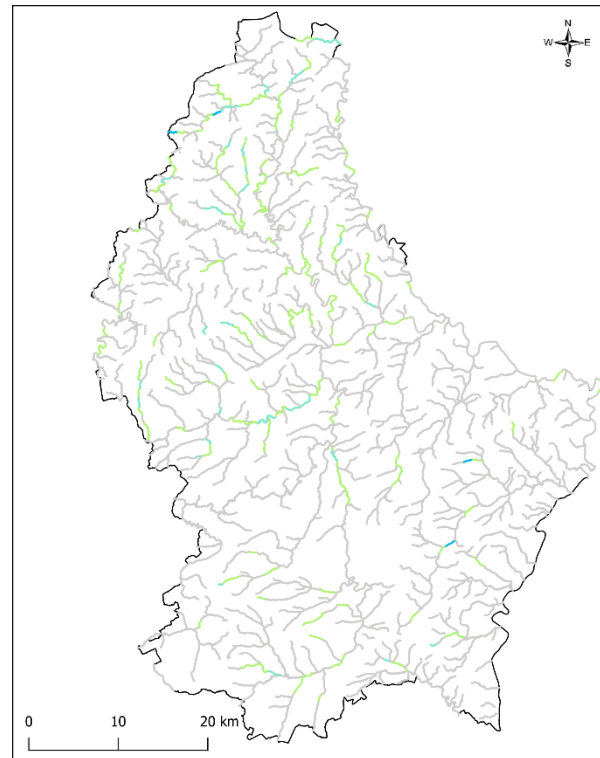
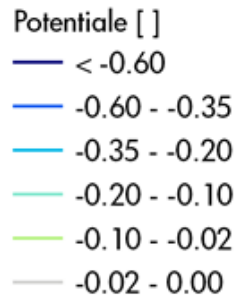
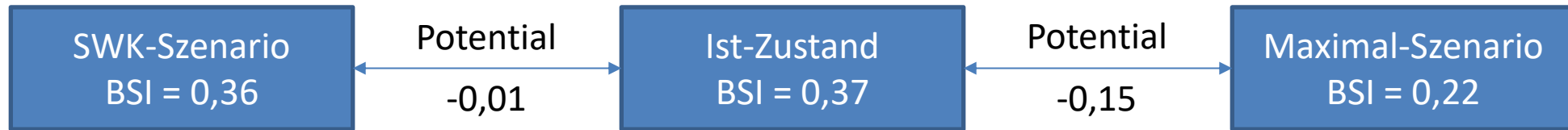


Beschattungsszenarien

Beschattungsindex (BSI): Anteil der Sonnenstrahlung, die an einem wolkenarmen 1. August die Wasseroberfläche erreicht

→ Maß für die Gewässerbeschattung

*BSI und Potentiale
gemittelt für alle
Gewässer*



Beschattungsszenarien

MW(WT_{JAS}): Mittelwert der Wassertemperaturen der Sommermonate Juli, August, September

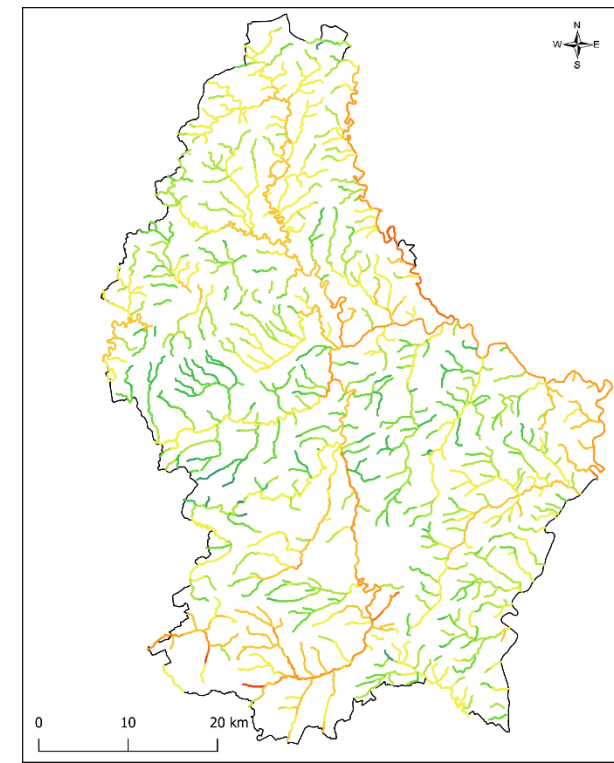
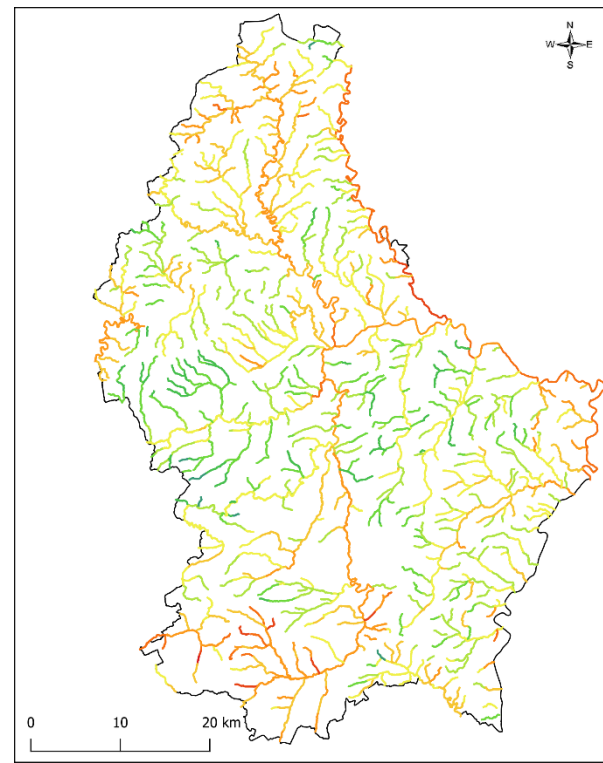
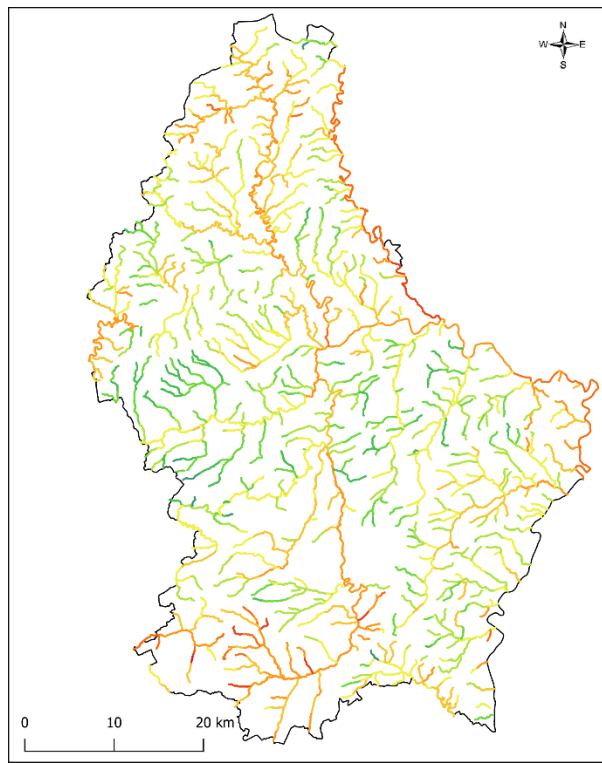
→ Maß für hohe sommerliche Wassertemperaturen

SWK-Szenario
MW(WT_{JAS}) = 14,56 °C

Ist-Zustand
MW(WT_{JAS}) = 14,59 °C

Maximal-Szenario
MW(WT_{JAS}) = 14,09 °C

- Absolutwert [°C]
- 10.0 - 11.0
 - 11.0 - 12.0
 - 12.0 - 13.0
 - 13.0 - 14.0
 - 14.0 - 15.0
 - 15.0 - 16.0
 - 16.0 - 17.0
 - 17.0 - 18.0
 - 18.0 - 19.0
 - 19.0 - 20.0



Beschattungsszenarien

MW(WT_{JAS}): Mittelwert der Wassertemperaturen der Sommermonate Juli, August, September

→ Maß für hohe sommerliche Wassertemperaturen

gemittelt für
alle Gewässer

SWK-Szenario
MW(WT_{JAS}) = 14,56 °C

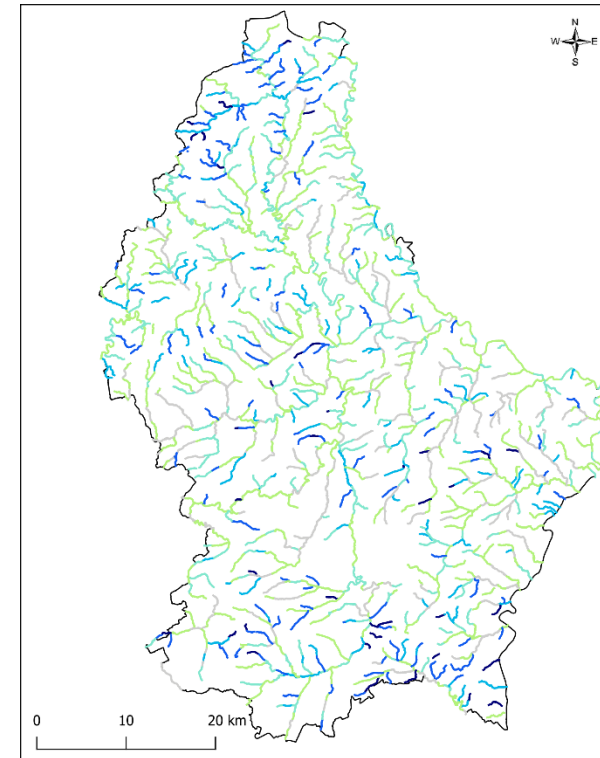
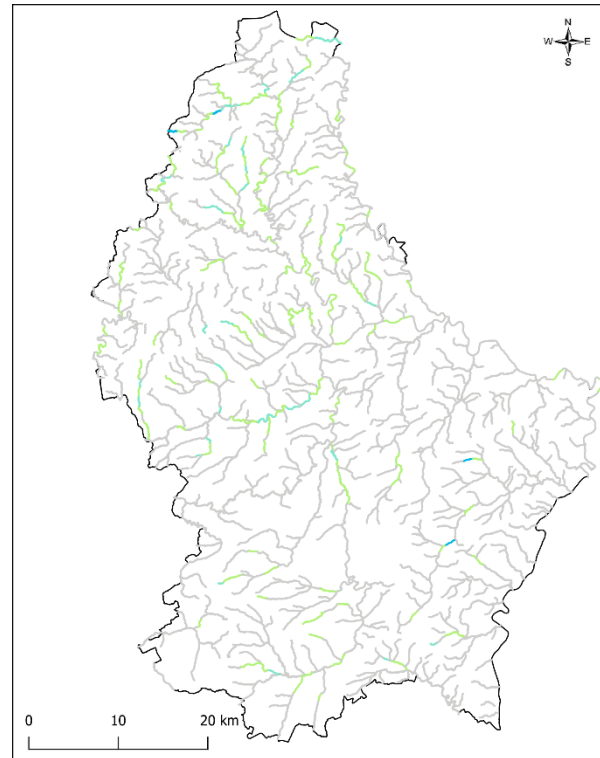
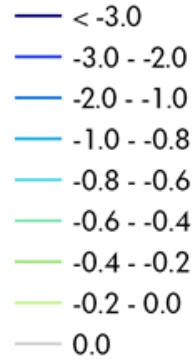
Potential
-0,03 °C

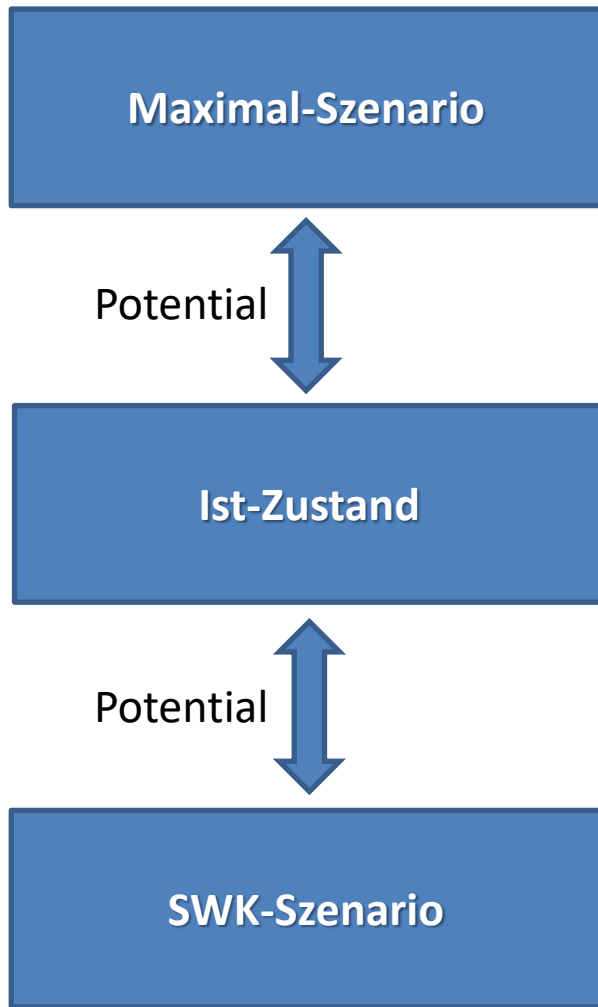
Ist-Zustand
MW(WT_{JAS}) = 14,59 °C

Potential
-0,50 °C

Maximal-Szenario
MW(WT_{JAS}) = 14,09 °C

Potentiale [°C]



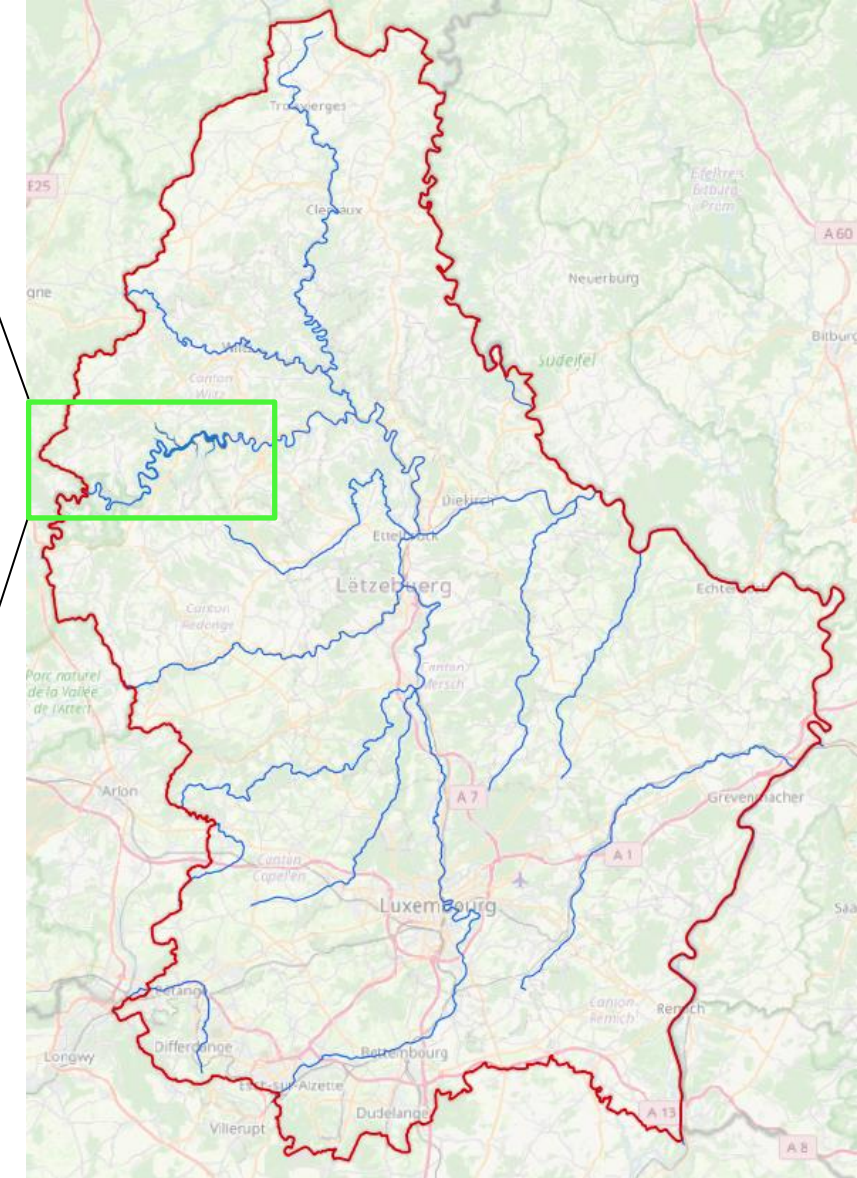
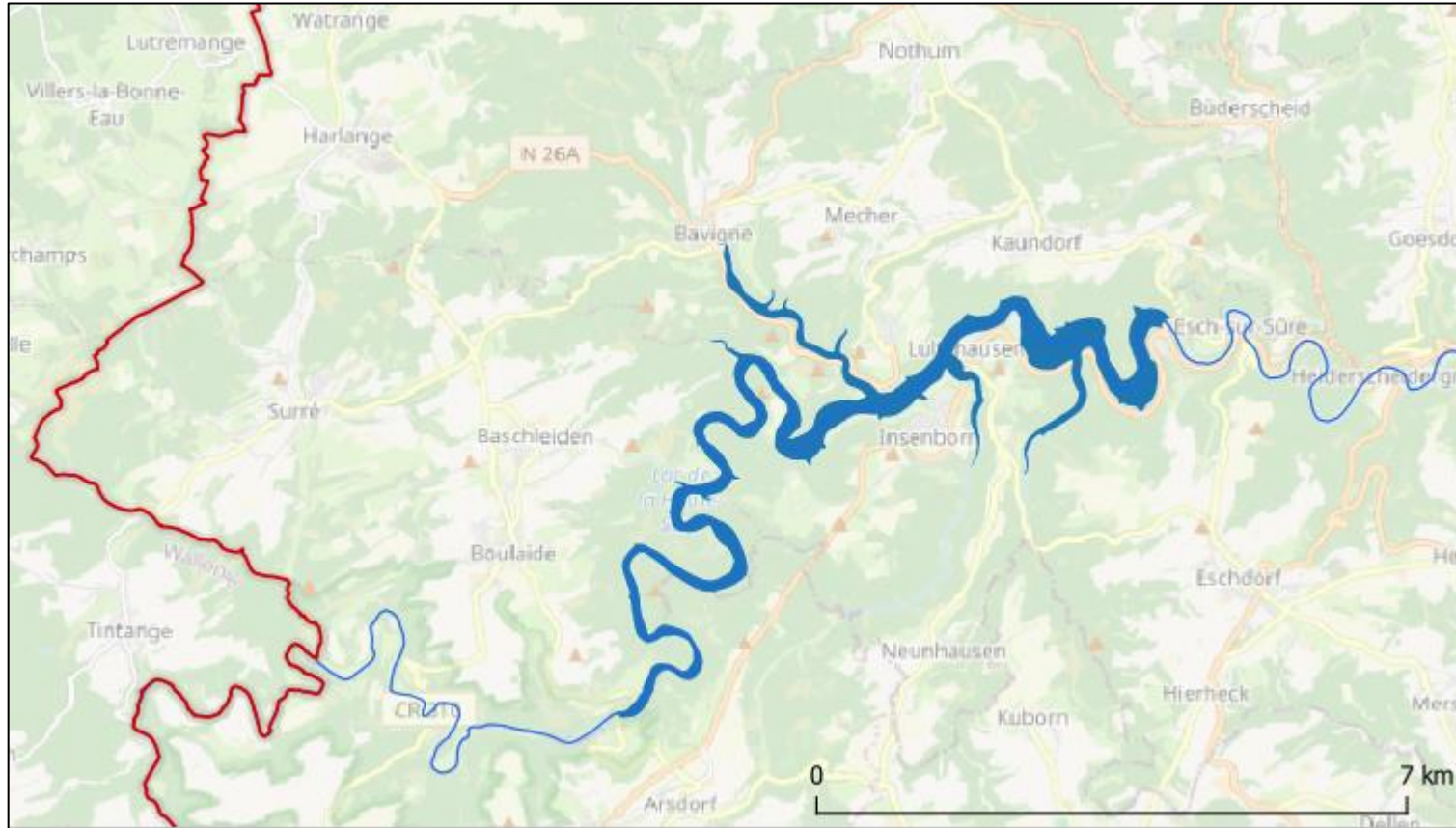


Ergebnisse der Potentialanalysen:

- Im Winter hat veränderte Beschattung kaum Einfluss auf WT
- Im Sommer z.T. deutliches Potential zur Reduktion der WT (Maximal-Szenario)
 - Größtes Potential i.d.R. dort, wo kritische Werte im Ist-Zustand
 - Zusätzliche Beschattung wirkt sich nach unterstrom aus
- Im SWK-Szenario zeigt sich nur vereinzelt/lokal Potential
 - Viele Strecken bereits im Ist-Zustand genauso gut beschattet
 - Zusätzlich beschattete Strecken z.T. zu kurz für deutlichere Wirkung
 - Teilweise Annahmen verhältnismäßig niedriger Vegetation

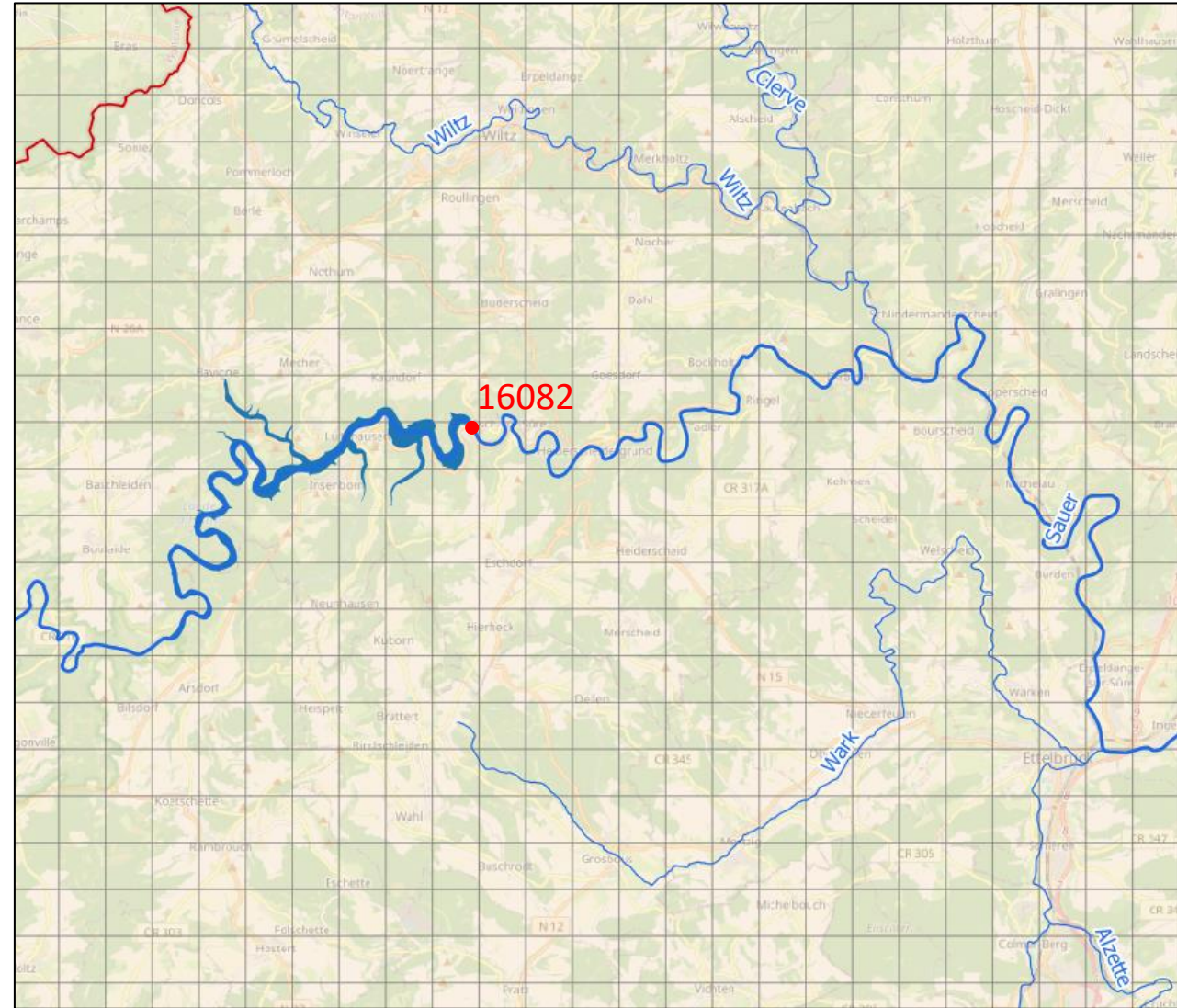
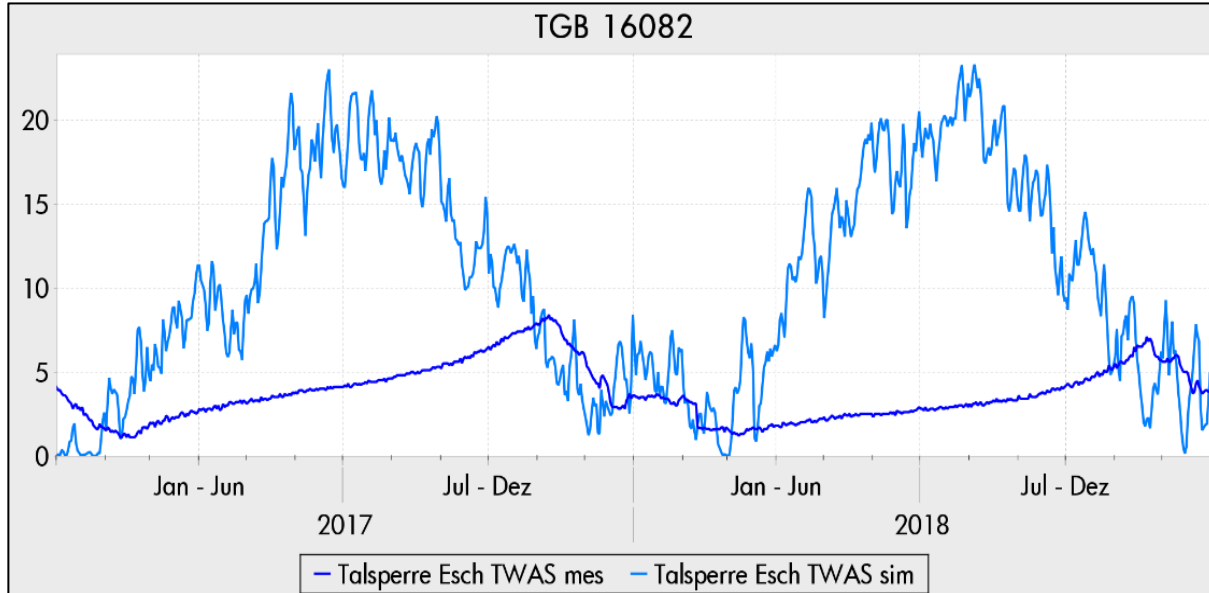
- Aktualisierung des WWM
- Ableitung der Gewässerbeschattung
- Beschattungsszenarien
- Wirkung der Talsperre Esch-Sauer

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



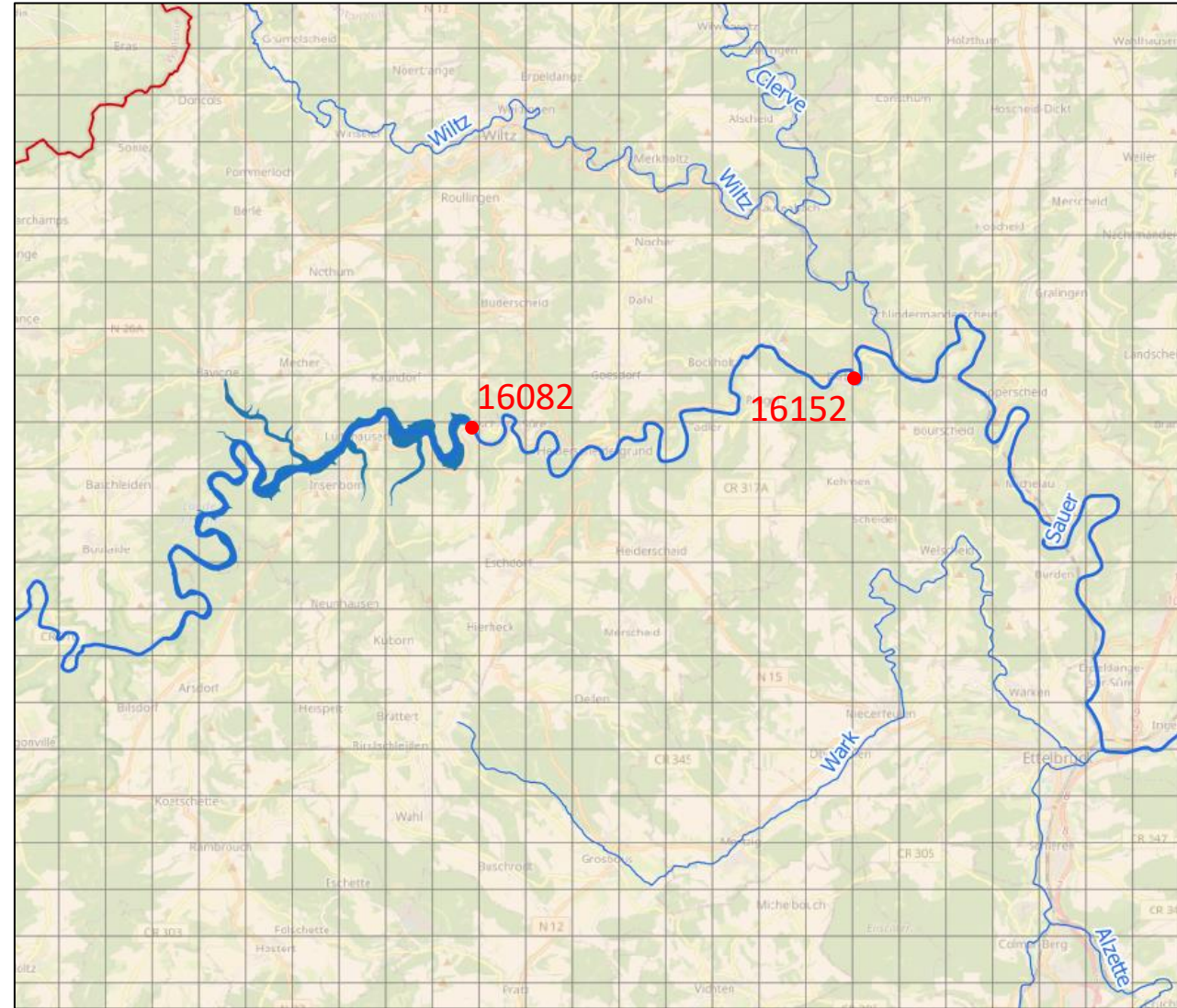
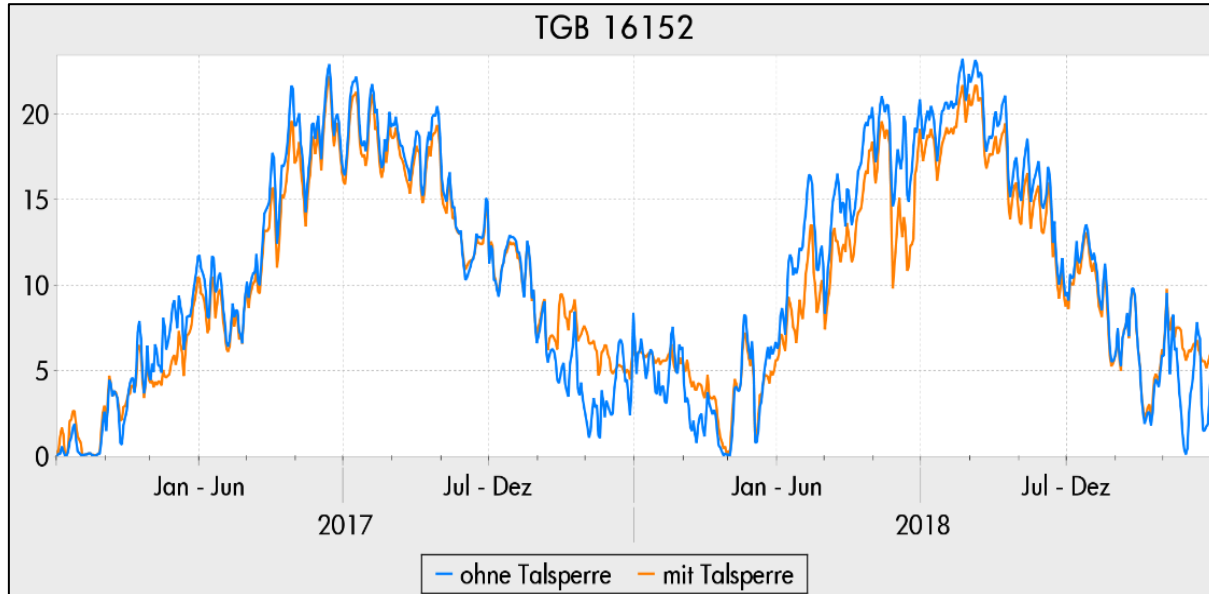
- Abgabe von kühlem Tiefenwasser nach unterstrom
- Analyse des Einflusses der Talsperre auf die WT in der Sauer durch Vergleich Simulation mit/ohne Talsperre

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



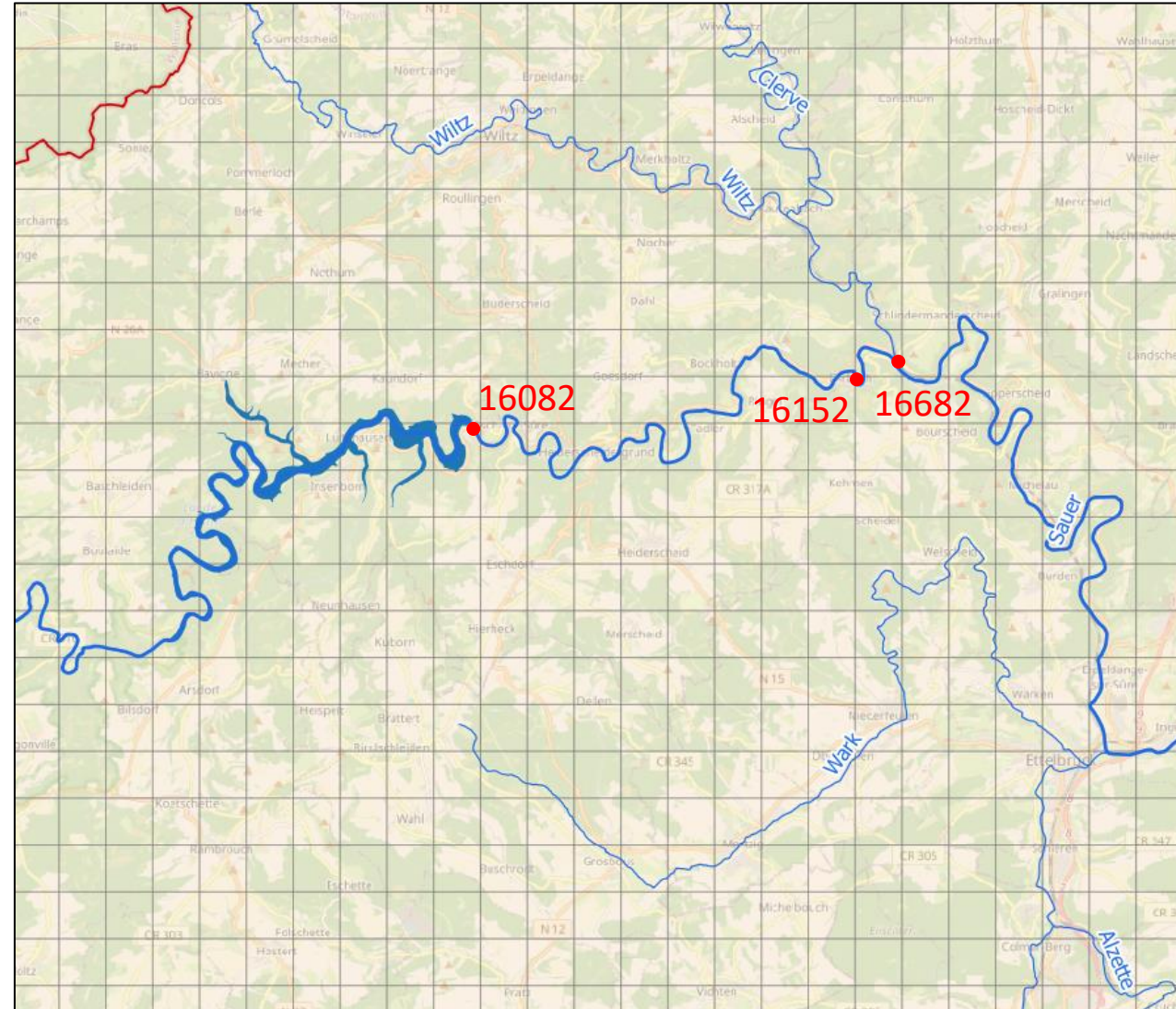
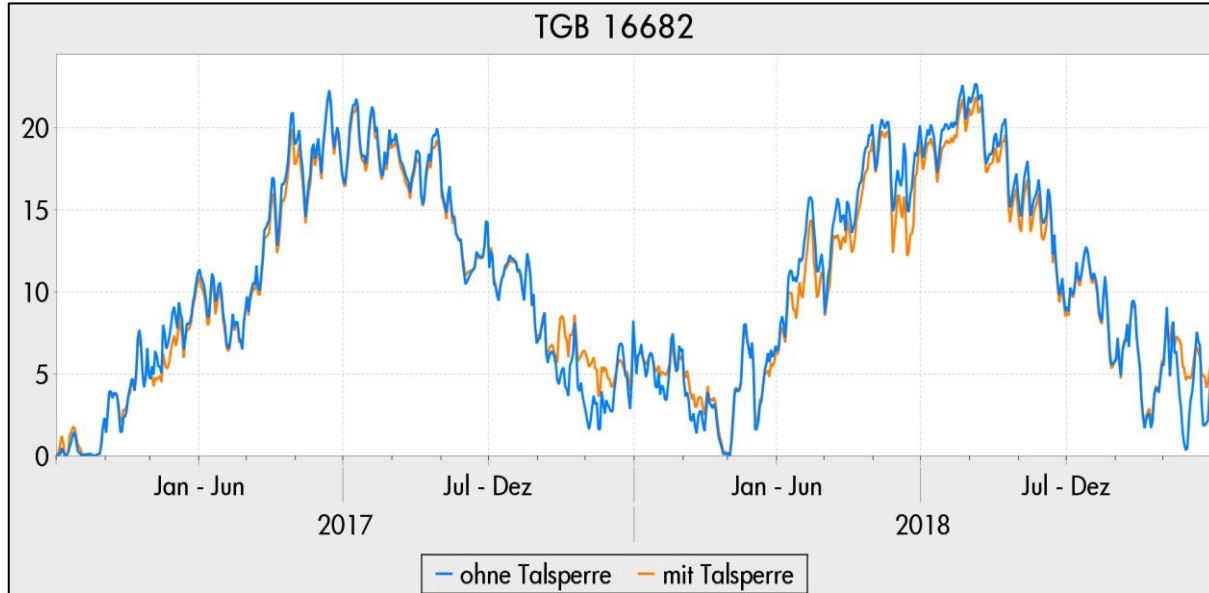
| TGB | Standort (Sauer) | Entfernung von Talsperre [km] | ΔT [°C] | |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| | | | max | mean |
| 16082 | uh. Talsperre | 0 | -20.3 | -5.7 |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



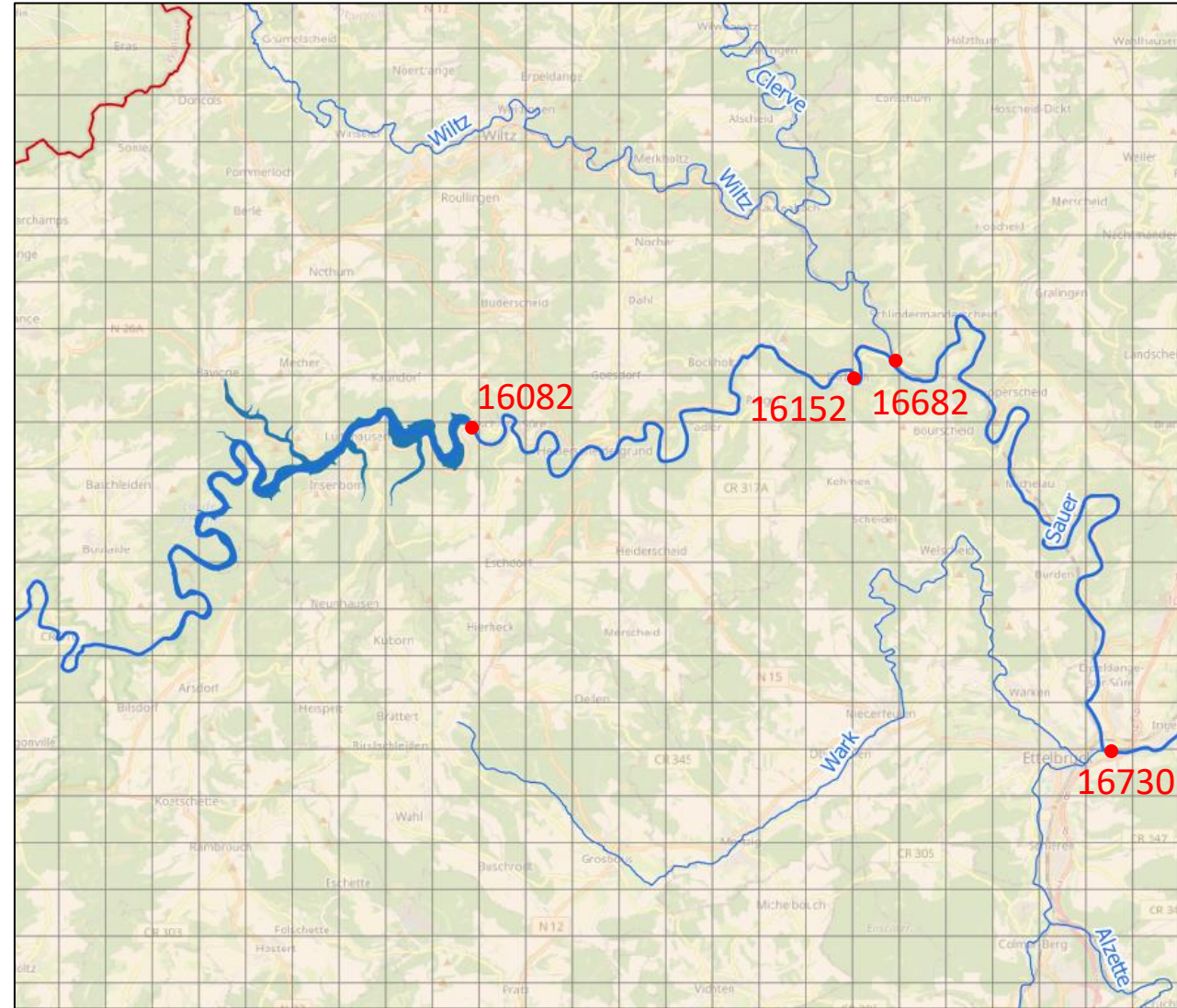
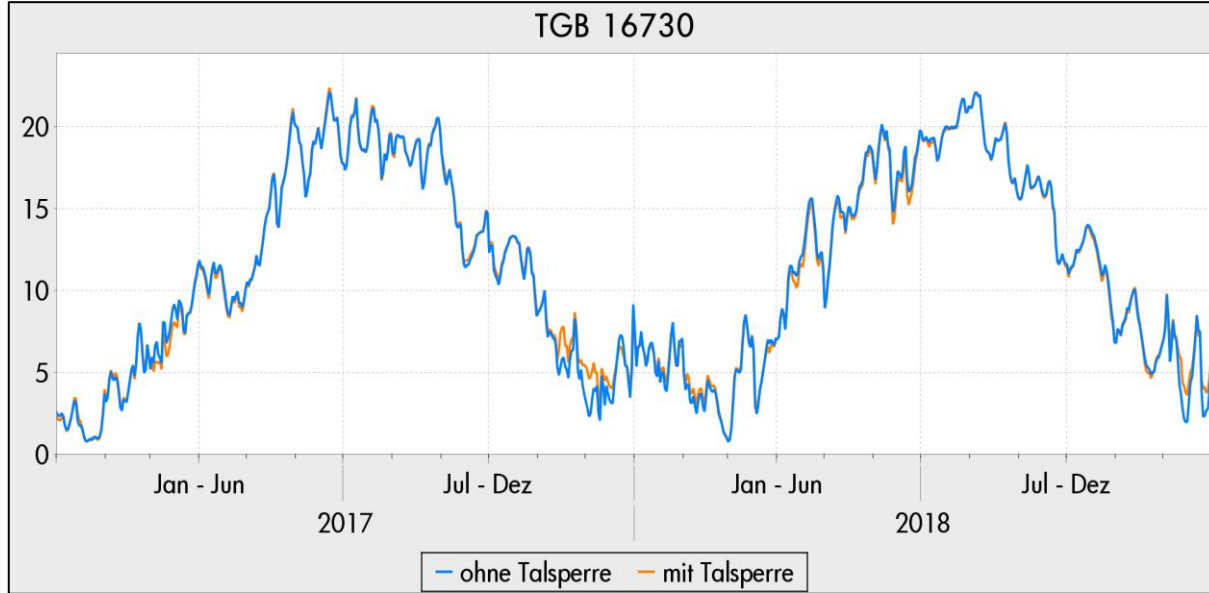
| TGB | Standort (Sauer) | Entfernung von Talsperre [km] | ΔT [°C] | |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| | | | max | mean |
| 16082 | uh. Talsperre | 0 | -20.3 | -5.7 |
| 16152 | vor Wiltz | 12 | -7.3 | -0.3 |
| | | | | |
| | | | | |

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



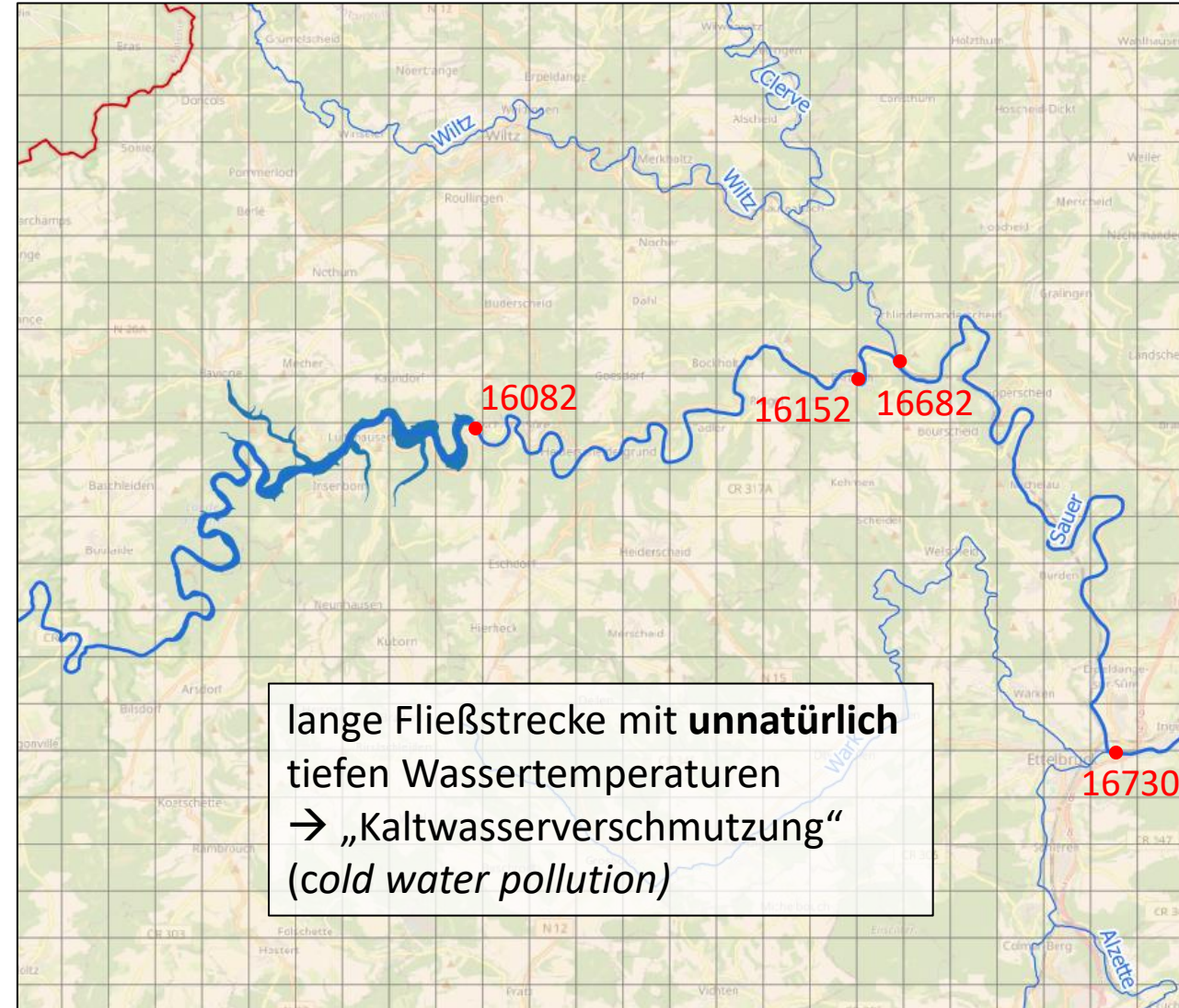
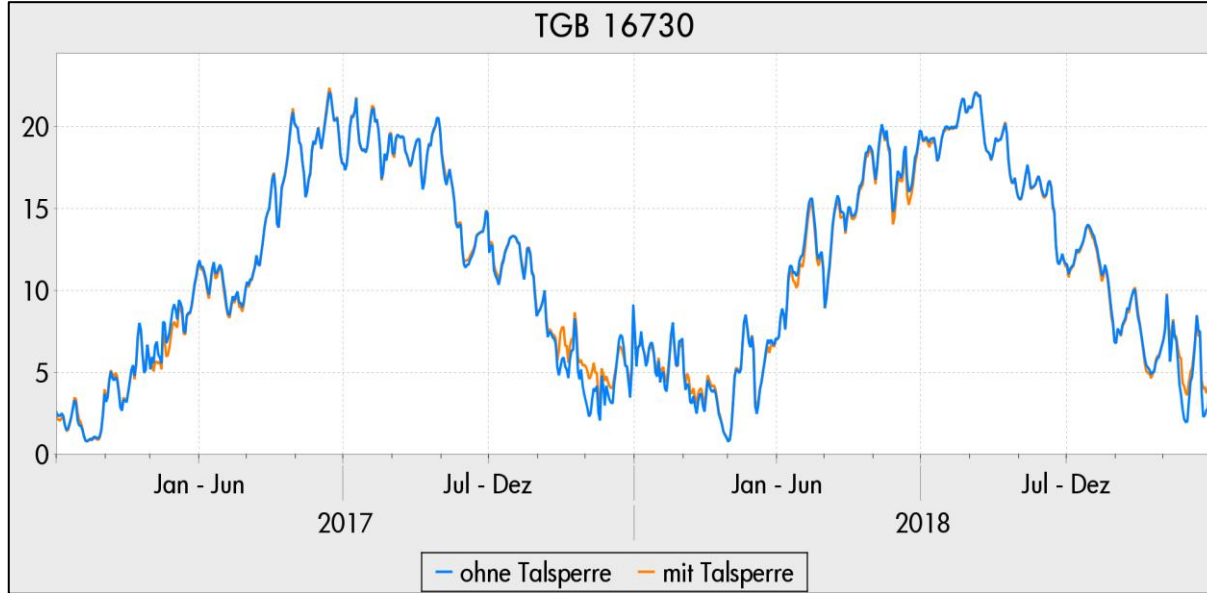
| TGB | Standort (Sauer) | Entfernung von Talsperre [km] | ΔT [°C] | |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| | | | max | mean |
| 16082 | uh. Talsperre | 0 | -20.3 | -5.7 |
| 16152 | vor Wiltz | 12 | -7.3 | -0.3 |
| 16682 | nach Wiltz | 14 | -5.5 | -0.1 |

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



| TGB | Standort (Sauer) | Entfernung von Talsperre [km] | ΔT [°C] | |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| | | | max | mean |
| 16082 | uh. Talsperre | 0 | -20.3 | -5.7 |
| 16152 | vor Wiltz | 12 | -7.3 | -0.3 |
| 16682 | nach Wiltz | 14 | -5.5 | -0.1 |
| 16730 | nach Alzette | 33 | -3.4 | 0.0 |

Wirkung der Talsperre Esch-Sauer



| TGB | Standort (Sauer) | Entfernung von Talsperre [km] | ΔT [°C] | |
|-------|------------------|-------------------------------|-----------------|------|
| | | | max | mean |
| 16082 | uh. Talsperre | 0 | -20.3 | -5.7 |
| 16152 | vor Wiltz | 12 | -7.3 | -0.3 |
| 16682 | nach Wiltz | 14 | -5.5 | -0.1 |
| 16730 | nach Alzette | 33 | -3.4 | 0.0 |

Das Wassertemperaturmodell für Luxemburg

