

## Programm LUNA

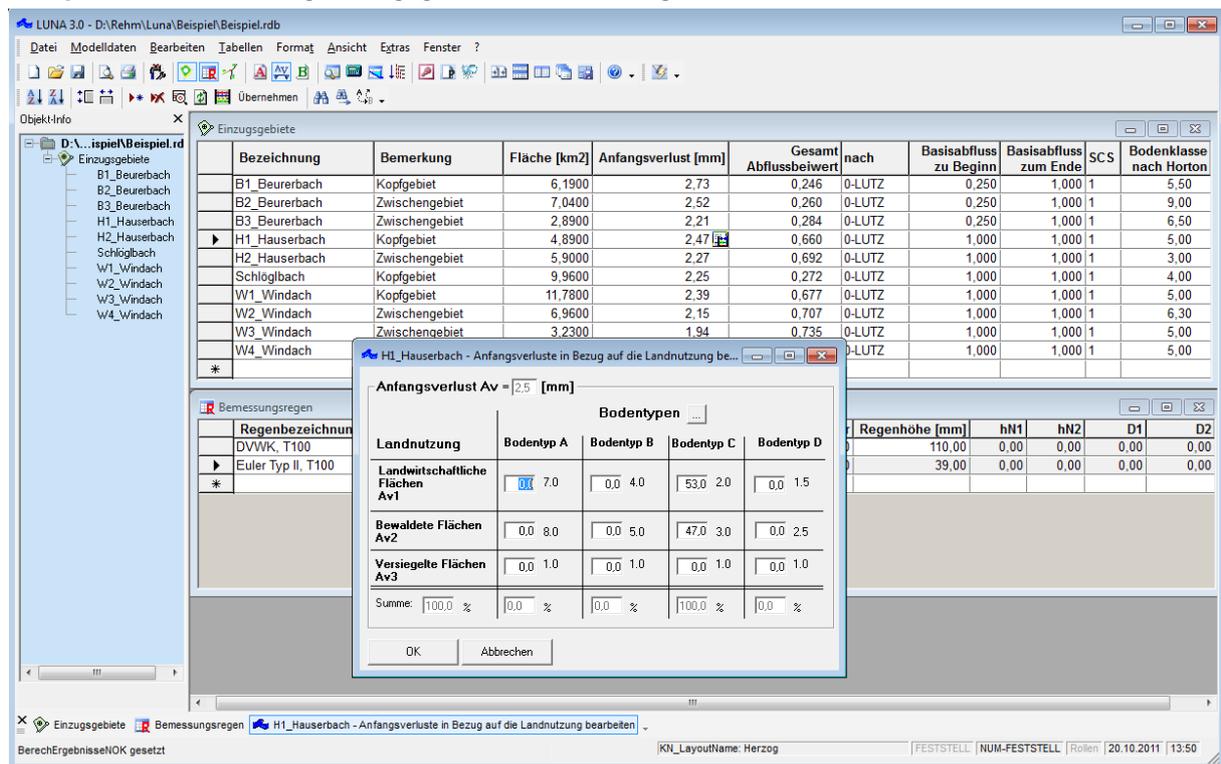
Das Programm LUNA dient zur Berechnung von Niederschlag-Abfluss- sowie Flussgebietsmodellen. In LUNA sind alle derzeit gängigen Verfahren zur Simulation der Abflussbildung und Abflusskonzentration enthalten. Nach Vorgabe von Regenereignissen und Gebietskenndaten berechnet LUNA die Einheits- und Abflussganglinien eines Einzugsgebietes. Es können Abflüsse sowohl aus natürlichen als auch aus städtischen Einzugsgebieten erzeugt werden. Mit LUNA kann der konstante Regelabfluss, die Rückhaltewirkungslinie sowie die Seeretention berechnet und ggf. zur Simulation der Translationseinflüsse im Flussgebietsmodell berücksichtigt werden.

Das Programm LUNA-P entspricht dem Programm LUNA. Allerdings verfügt LUNA-P zusätzlich über eine AutoCAD-Anbindung, die eine grafikorientierte Bearbeitung von N-A- und Flussgebietsmodellen ermöglicht (siehe Beschreibung von LUNA-P).

### Berechnungsgrundlagen

Für das jeweilige Einzugsgebiet sind die Größe, der PSI-Wert, die Anfangsverluste, die Basisabflüsse und Bodenkennwerte vorzugeben.

### Beispiel: Datenerfassung Einzugsgebietsdaten, Anfangsverlust berechnen



The screenshot shows the LUNA 3.0 software interface. The main window displays a table of catchment areas (Einzugsgebiete) with columns for Bezeichnung, Bemerkung, Fläche [km2], Anfangsverlust [mm], Gesamt Abflussbeiwert, nach, Basisabfluss zu Beginn, Basisabfluss zum Ende, SCS, and Bodenklasse nach Horton. A dialog box titled 'Anfangsverlust Av = 2.5 [mm]' is open, showing a table for calculating initial loss based on land use (Landnutzung) and soil types (Bodentypen A, B, C, D). The dialog box also includes a 'Regenbezeichnung' table and a 'Regenhöhe [mm]' table.

Bezeichnung	Bemerkung	Fläche [km2]	Anfangsverlust [mm]	Gesamt Abflussbeiwert	nach	Basisabfluss zu Beginn	Basisabfluss zum Ende	SCS	Bodenklasse nach Horton
B1_Beurerbach	Kopfgebiet	6,1900	2,73	0,246	0-LUTZ	0,250	1,000	1	5,50
B2_Beurerbach	Zwischengebiet	7,0400	2,52	0,260	0-LUTZ	0,250	1,000	1	9,00
B3_Beurerbach	Zwischengebiet	2,8900	2,21	0,284	0-LUTZ	0,250	1,000	1	6,50
H1_Hauserbach	Kopfgebiet	4,8900	2,47	0,660	0-LUTZ	1,000	1,000	1	5,00
H2_Hauserbach	Zwischengebiet	5,9000	2,27	0,692	0-LUTZ	1,000	1,000	1	3,00
Schlöglbach	Kopfgebiet	9,9600	2,25	0,272	0-LUTZ	1,000	1,000	1	4,00
W1_Windach	Kopfgebiet	11,7800	2,39	0,677	0-LUTZ	1,000	1,000	1	5,00
W2_Windach	Zwischengebiet	6,9600	2,15	0,707	0-LUTZ	1,000	1,000	1	6,30
W3_Windach	Zwischengebiet	3,2300	1,94	0,735	0-LUTZ	1,000	1,000	1	5,00
W4_Windach	Zwischengebiet				0-LUTZ	1,000	1,000	1	5,00

Regenbezeichnung	Regenhöhe [mm]	hN1	hN2	D1	D2
DVWK, T100	110,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Euler Typ II, T100	39,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Landnutzung	Bodentyp A	Bodentyp B	Bodentyp C	Bodentyp D
Landwirtschaftliche Flächen Av1	7,0	4,0	2,0	1,5
Bewaldete Flächen Av2	8,0	5,0	3,0	2,5
Versiegelte Flächen Av3	1,0	1,0	1,0	1,0
Summe:	100,0 %	0,0 %	100,0 %	0,0 %

In LUNA können beliebige **Niederschlagsereignisse** von beliebiger Dauer (z.B. auch gemessene Niederschlagsereignisse) verarbeitet werden. Es besteht allerdings auch die Möglichkeit Niederschlagshöhen (hN) vorzugeben und automatisch anhand eines normierten Niederschlagsverlaufes (DVWK) zeitlich verteilen zu lassen. Alternativ kann das Programm REGEN direkt aus LUNA gestartet werden. REGEN ermittelt aus dem Niederschlagskontinuum Regenereignisse (Modellregengruppe, Starkregenserie) die direkt in LUNA genutzt werden können.

Zur Ermittlung des **Effektivniederschlags** wird ein zeitabhängiger Verlauf des Abflussbeiwertes ermittelt. Im einfachsten Fall kann dies ein konstanter Verlauf mit Anfangsverlust oder das PHI-Index-Verfahren (ohne Anfangsverlust mit konstanter Verlustrate) sein. Als anspruchsvolleren Ansatz ermöglicht LUNA auch die Ermittlung des Abflussbeiwertes mit dem HORTON-Verfahren (exponentieller Verlauf) oder nach dem Verfahren von LUTZ.

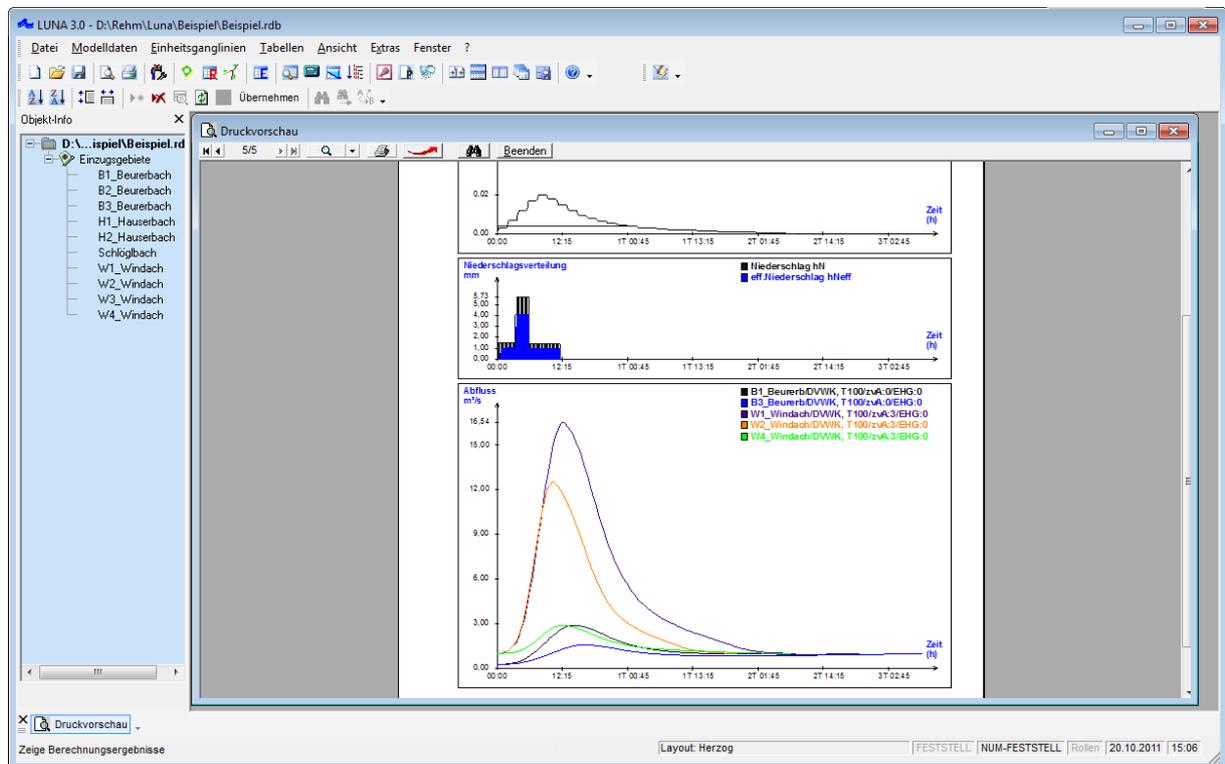
Zur Berechnung der **Einheitsganglinie** stehen verschiedene Verfahren zur Auswahl. Dies sind im Einzelnen u.a. das Regionalisierungsverfahren von LUTZ, die lineare Speicherkaskade, Doppel- oder Dreifachspeicherkaskade, die Doppelspeicher-kaskade nach Ansatz von Wackermann/DVWK, die individuelle Festlegung der Einzelordinaten oder das KIRPICH-Verfahren.

- 0-Regionalisierung nach LUTZ (normiert)
- 1-Lineare Speicherkaskade
- 2-Doppelspeicherkaskade
- 3-Dreifach Speicherkaskade
- 4-Doppelspeicherkaskade Ansatz WACKERMANN (DVWK-Regel 113)
- 5-Einzelordinaten
- 6-KIRPICH
- 7-Dreiecksförmige Einheitsganglinie
- 8-Regionalisierte EGL des SCS
- 9-Regionalisierte EGL DVWK-Südbayern
- 10-Regionalisierung nach LUTZ (lineare Speicherkaskade)
- 11-Regionalisierung nach LUTZ-Südbayern
- 12-Regionalisierung nach LUTZ-Bayern(Kst)
- 13-Doppelspeicherkaskade Ansatz THIELE-WACKERMANN
- 14-Regionalisierte EGL nach WACKERMANN-Bayern
- 15-Regionalisierte EGL nach BRAUN-SEEGER

Die Hydrologie im Griff: Verfahrensbedingte Unterschiede im Berechnungsergebnis auf einfache Weise erkennen. Die Berechnung von Varianten mit unterschiedlichen Niederschlagsereignissen sowie der Anwendung unterschiedlicher Verfahren zur Berechnung von Einheitsganglinien und des zeitlichen Verlaufes des Abflussbeiwertes ist sehr einfach möglich.

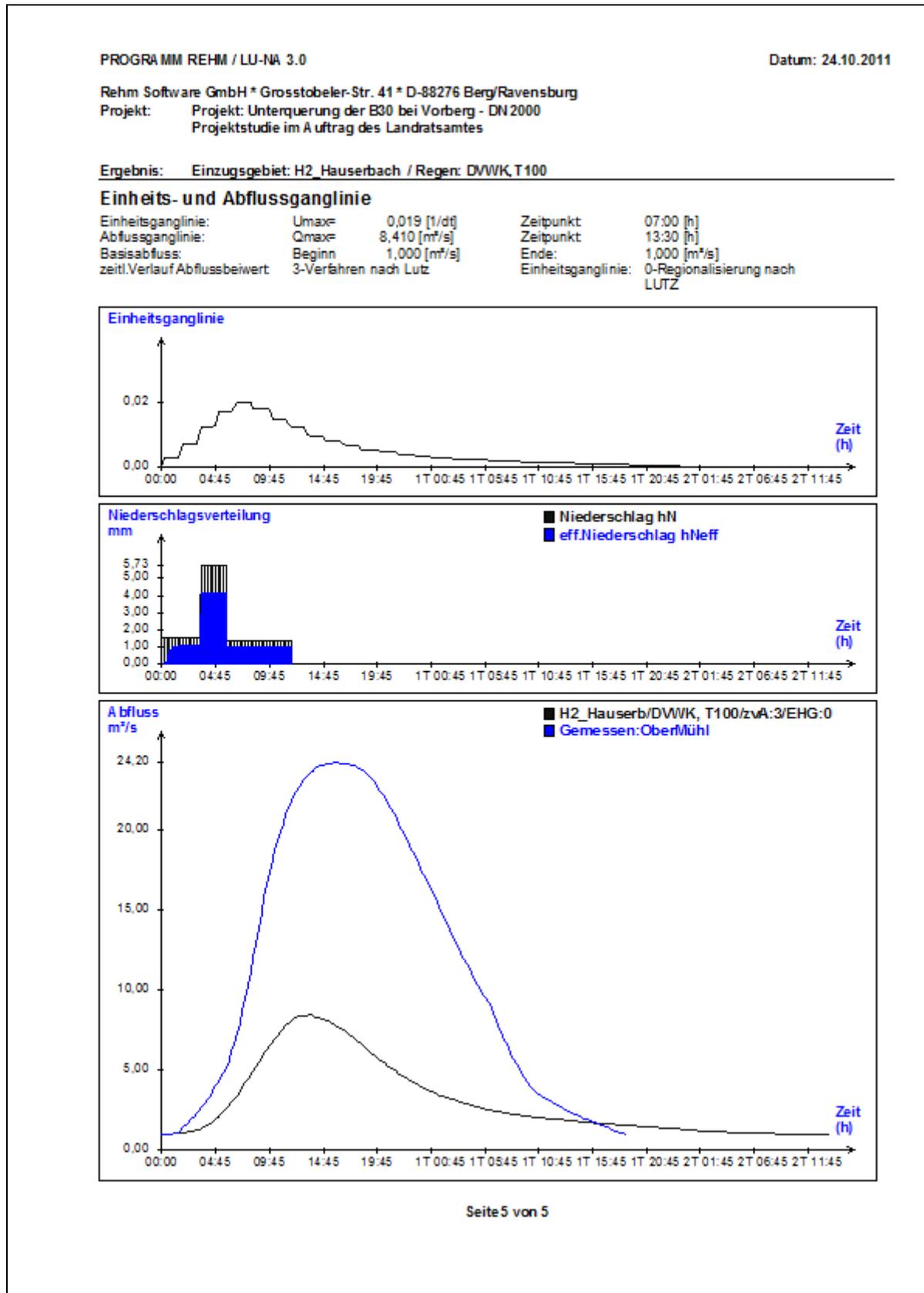
Die Berechnungsergebnisse können gruppiert und die **Abflussganglinien** (wahlweise auch mit der gemittelten Abflussganglinie) ausgewertet werden. Außerdem können Sie vergleichsweise Messergebnisse (Pegelaufzeichnungen) mit auswerten.

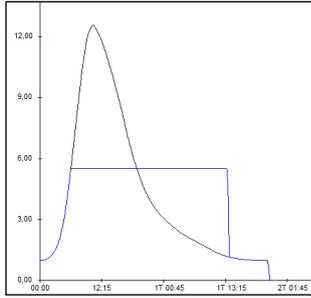
**Beispiel:** Berechnungsergebnisse in der Druckvorschau, Ausschnitt grafische Darstellung gruppierte Ansicht mit allen gerechneten Abflussganglinien eines Einzugsgebietes



LUNA stellt die Abflussganglinien des N-A Modells, des konstanten Regelabflusses, der Seeretention sowie des Flussgebietsmodells den Programmen HYKAS (Kanalnetzberchnung) und FLUSS (Hochwassermodellierung) zur Verfügung.

**Beispiel:** Grafische Ausgabe der berechneten Einheits- bzw. der berechneten Abflussganglinie.





### Konstanter Regelabfluss

Mit dem Programm LUNA kann eine Berechnung des konstanten Regelabflusses durchgeführt werden. Hierbei wird mit einer zuvor berechneten Abflussganglinie ein konstanter Regelabfluss simuliert. Die Ausgabe der Ergebnisse erfolgt in Tabellen- und Grafikform.

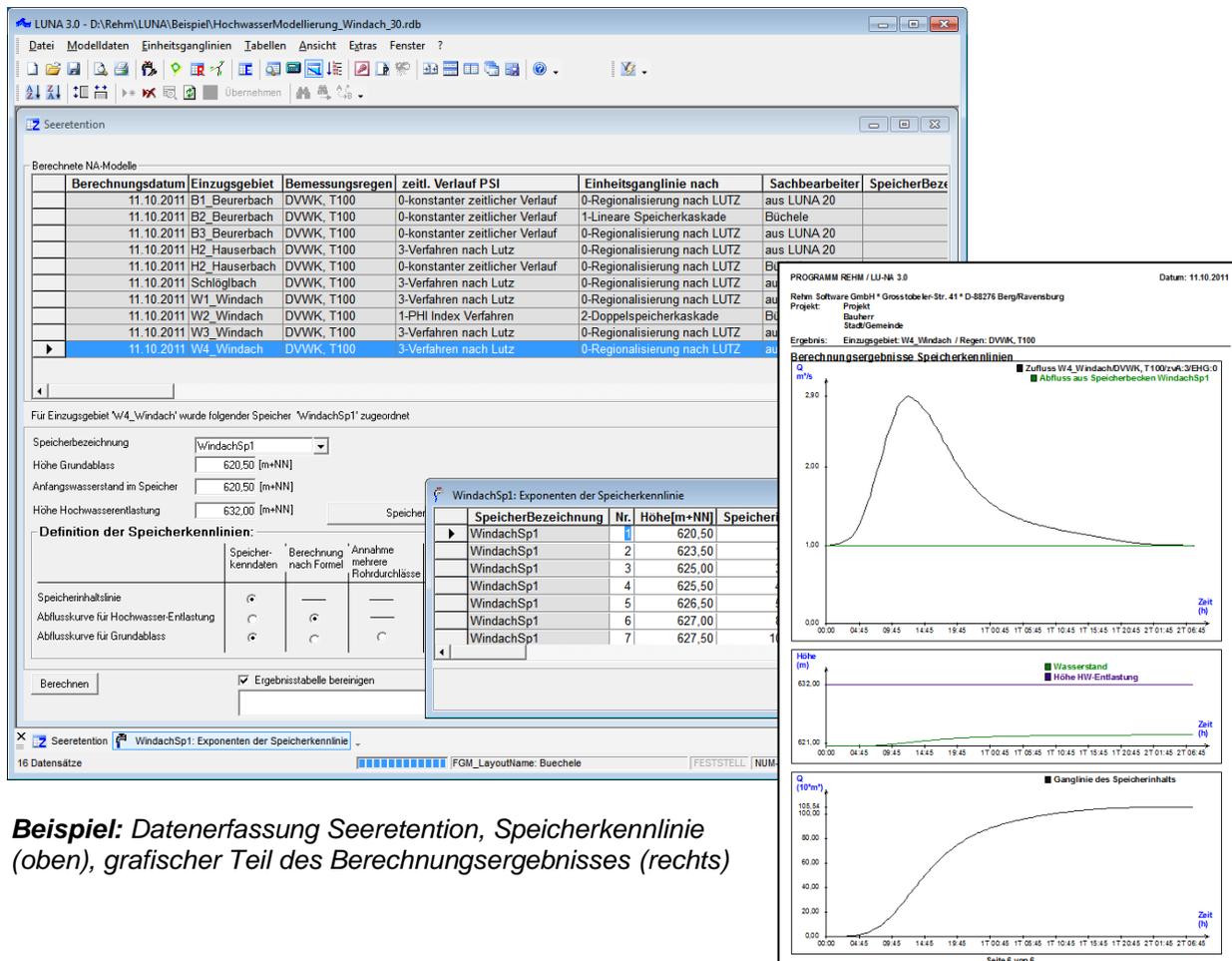
Beispiel: Ausschnitt aus der Ergebnisgrafik

### Rückhaltewirkungslinie

An einer Gewässerstelle kann angenommen werden, dass die Fülllinien von unterschiedlichen Hochwasserereignissen nicht identisch sind. Aus diesem Grund wird eine Rückhaltewirkungslinie erstellt, welche als eine Hüllkurve an die Fülllinien von unterschiedlichen Hochwasserwellen gelegt wird. Für die Bemessung eines Hochwasserrückhalteraumes aus vorgegebenen Abfluss- bzw. Zuflussganglinien ist die Erzeugung einer Rückhaltewirkungslinie (Speicherwirkungslinie) unerlässlich.

### Seeretention

Mit der Seeretention ist eine Berechnung von ungesteuerten Hochwasserrückhaltebecken möglich. Bei der Verwendung der Seeretention werden die Speicherinhaltslinie und die Abflusskurve (Grundablass und Hochwasserentlastung) des Hochwasserrückhaltebeckens benötigt. Bereits kleine Abflüsse können einen Beckeneinstau verursachen. Ist das Hochwasserereignis größer als das Bemessungsereignis, reicht für gewöhnlich der Hochwasserrückhalteraum nicht aus, um das Ereignis auf den Grundablass (Regelabfluss) zu drosseln. Der Anteil des Zuflusses, welcher nicht über den Grundablass in den Unterlauf abfließt, wird über die Entlastungsanlage abgeführt.



**Berechnete NA-Modelle**

Berechnungsdatum	Einzugsgebiet	Bemessungsregen	zeitl. Verlauf PSI	Einheitsganglinie nach	Sachbearbeiter	SpeicherBeze
11.10.2011	B1_Beurerbach	DVWK, T100	0-konstanter zeitlicher Verlauf	0-Regionalisierung nach LUTZ	aus LUNA 20	
11.10.2011	B2_Beurerbach	DVWK, T100	0-konstanter zeitlicher Verlauf	1-Lineare Speicherkaskade	Büchele	
11.10.2011	B3_Beurerbach	DVWK, T100	0-konstanter zeitlicher Verlauf	0-Regionalisierung nach LUTZ	aus LUNA 20	
11.10.2011	H2_Hauserbach	DVWK, T100	3-Verfahren nach Lutz	0-Regionalisierung nach LUTZ	aus LUNA 20	
11.10.2011	H2_Hauserbach	DVWK, T100	0-konstanter zeitlicher Verlauf	0-Regionalisierung nach LUTZ	Büchele	
11.10.2011	Schloglbach	DVWK, T100	3-Verfahren nach Lutz	0-Regionalisierung nach LUTZ	au	
11.10.2011	W1_Windach	DVWK, T100	3-Verfahren nach Lutz	0-Regionalisierung nach LUTZ	au	
11.10.2011	W2_Windach	DVWK, T100	1-PHI Index Verfahren	2-Doppelspeicherkaskade	Bü	
11.10.2011	W3_Windach	DVWK, T100	3-Verfahren nach Lutz	0-Regionalisierung nach LUTZ	au	
11.10.2011	W4_Windach	DVWK, T100	3-Verfahren nach Lutz	0-Regionalisierung nach LUTZ	au	

Für Einzugsgebiet 'W4\_Windach' wurde folgender Speicher 'WindachSp1' zugeordnet

Speicherbezeichnung: WindachSp1  
 Höhe Grundablass: 620,50 [m+NN]  
 Anfangswasserstand im Speicher: 620,50 [m+NN]  
 Höhe Hochwasserentlastung: 632,00 [m+NN]

**Definition der Speicherkennlinien:**

Speicherbezeichnung	Nr.	Höhe[m+NN]	Speicher
WindachSp1	1	620,50	
WindachSp1	2	623,50	
WindachSp1	3	625,00	
WindachSp1	4	625,50	
WindachSp1	5	626,50	
WindachSp1	6	627,00	
WindachSp1	7	627,50	

**Berechnungsergebnisse Speicherkennlinien**

Graph 1: Zufluss W4\_Windach/DVWK, T100 und Abfluss aus Speicherbecken WindachSp1 (m³/s vs Zeit [h]).

Graph 2: Wasserstand (m) und Höhe HW-Entlastung (m) vs Zeit [h].

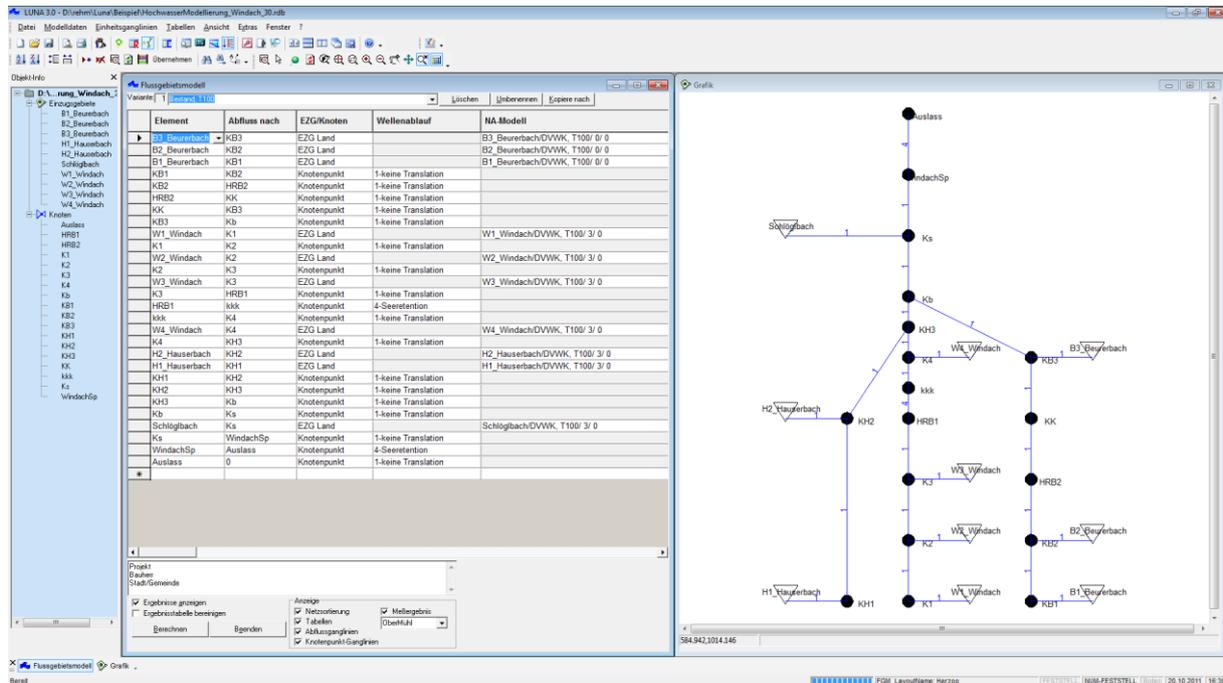
Graph 3: Ganglinie des Speicherinhalts (10³m³) vs Zeit [h].

Beispiel: Datenerfassung Seeretention, Speicherkennlinie (oben), grafischer Teil des Berechnungsergebnisses (rechts)

## Flussgebietsmodell

Ein Flussgebietsmodell besteht aus mehreren einzelnen N-A- Modellen für die jeweiligen Teileinzugsgebiete. Unabhängig von der Länge des Gewässerabschnitts und der Größe der Einzugsgebiete kann mit LUNA eine angepasste und wirklichkeitsnahe Abbildung entwickelt werden. Berücksichtigt werden Modelle für die Wellenverformung längs der Gewässerstrecke und die Simulation von Stauanlagen.

### Beispiel: Definition des Flussgebietsmodells und Start der Berechnung



The screenshot shows the LUNA software interface. On the left, a tree view lists various elements like 'Einzugsgebiete', 'Knoten', and 'WindachSp'. The main window is divided into two panes. The left pane contains a table with the following columns: Element, Abfluss nach, EZG/Knoten, Wellenablauf, and NA.Modell. The right pane shows a graphical representation of the river network with nodes and connections.

Element	Abfluss nach	EZG/Knoten	Wellenablauf	NA.Modell
B3_Beurerbach	KB3	EZG Land		B3_Beurerbach/DVWK, T100/ 0/ 0
B2_Beurerbach	KB2	EZG Land		B2_Beurerbach/DVWK, T100/ 0/ 0
B1_Beurerbach	KB1	EZG Land		B1_Beurerbach/DVWK, T100/ 0/ 0
KB1	KB2	Knotenpunkt	1-keine Translation	
KB2	HRB2	Knotenpunkt	1-keine Translation	
HRB2	KK	Knotenpunkt	1-keine Translation	
KK	KB3	Knotenpunkt	1-keine Translation	
KB3	KB	Knotenpunkt	1-keine Translation	
W1_Windach	K1	EZG Land		W1_Windach/DVWK, T100/ 3/ 0
K1	K2	Knotenpunkt	1-keine Translation	
W2_Windach	K2	EZG Land		W2_Windach/DVWK, T100/ 3/ 0
K2	K3	Knotenpunkt	1-keine Translation	
W3_Windach	K3	EZG Land		W3_Windach/DVWK, T100/ 3/ 0
K3	HRB1	Knotenpunkt	1-keine Translation	
HRB1	kkk	Knotenpunkt	4-Seerention	
kkk	K4	Knotenpunkt	1-keine Translation	
W4_Windach	K4	EZG Land		W4_Windach/DVWK, T100/ 3/ 0
K4	KH3	Knotenpunkt	1-keine Translation	
H2_Hauserbach	KH2	EZG Land		H2_Hauserbach/DVWK, T100/ 3/ 0
KH2	KH1	EZG Land		H1_Hauserbach/DVWK, T100/ 3/ 0
KH1	KH2	Knotenpunkt	1-keine Translation	
KH3	KB	Knotenpunkt	1-keine Translation	
KB	K5	Knotenpunkt	1-keine Translation	
Schöllbach	Ka	EZG Land		Schöllbach/DVWK, T100/ 3/ 0
Ka	WindachSp	Knotenpunkt	1-keine Translation	
WindachSp	Auslass	Knotenpunkt	4-Seerention	
Auslass	0	Knotenpunkt	1-keine Translation	

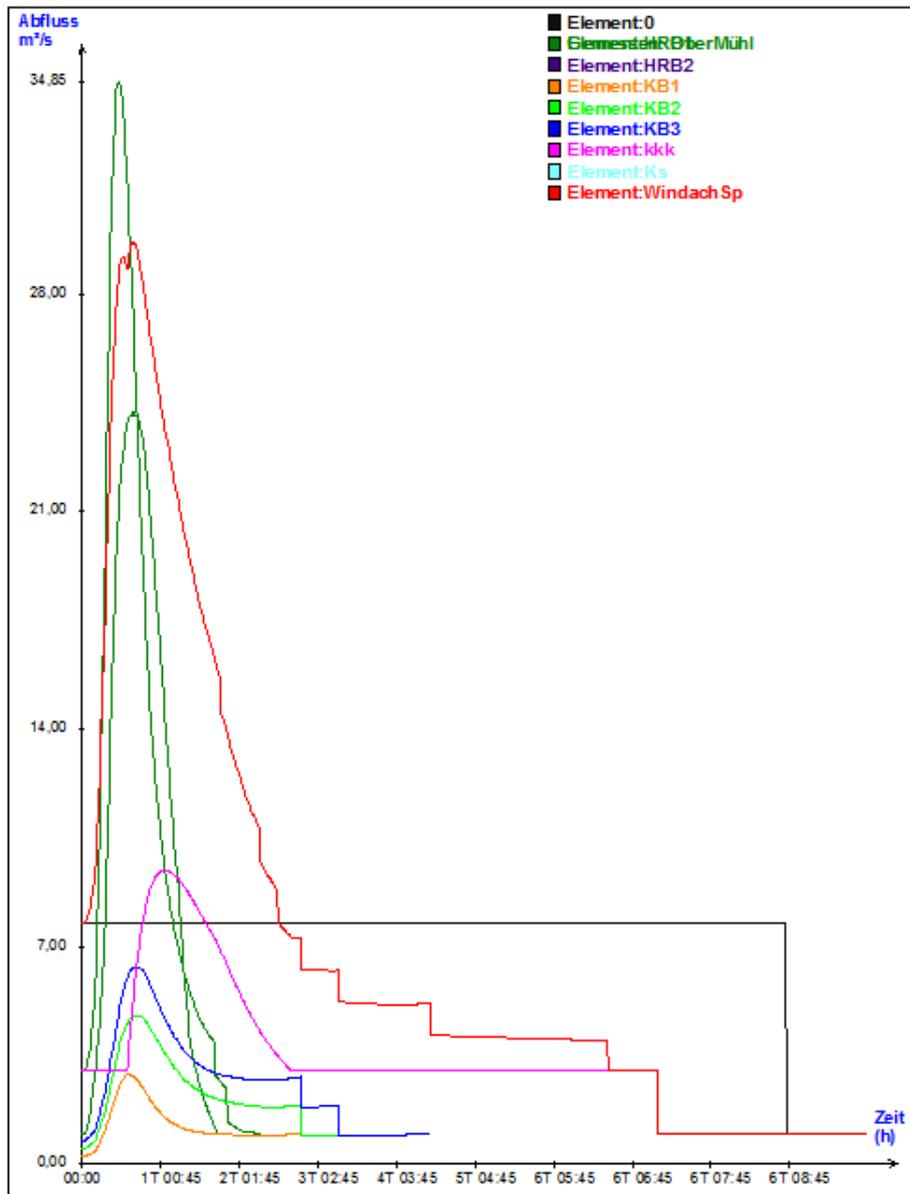
Bei der Auswahl der Einzugsgebiete (EZG) kann für eine bessere Übersicht eine Unterscheidung in EZG Stadt, EZG Land oder EZG Stadt/Land vorgenommen werden. Jedem EZG wird eine im N-A-Modell berechnete Zu- bzw. Abflussganglinie zugeordnet.

Ein Knotenpunkt kennzeichnet einen Ort im Flussgebiet, an welchem eine Abflussganglinie erzeugt werden soll. Zwischen zwei Knotenpunkten lassen sich die beeinflussenden Situationen entlang der Fließstrecke nachahmen. Hierbei kann LUNA wahlweise zwischen Speicher-Modellen (Seerention und konstantem Regelabfluss) und der Wellenverformung (Translation) bis zum nächstliegenden Knoten unterscheiden. LUNA ermittelt die Formveränderung einer Hochwasserwelle, die einen Flussabschnitt oder ein Staubecken durchfließt. LUNA enthält u.a. auch das Verfahren von Kalinin-Miljukov.

Der Abfluss aus bebautem Gebiet, welcher in den Vorfluter abgeleitet wird, kann mit Hilfe von Regenüberläufen, Regenüberlaufbecken und Regenrückhaltebecken berücksichtigt werden. Auch in Fließrichtung verzweigte Systeme können abgebildet werden.

An jedem Knotenpunkt steht die erzeugte Abflussganglinie zur Verfügung. Die Daten können grafisch dargestellt oder wahlweise ins ASCII oder EXCEL Format (inklusive Grafik) exportiert werden. Im Abdruckformular wird der komplette Flussgebietsmodell-Aufbau mit Kurzbeschreibung tabellarisch aufgelistet. Die Abflussganglinie wird tabellarisch ausgegeben und grafisch dargestellt

**Beispiel:** Berechnungsergebnis Flussgebietsmodell: Wahlweise werden die Ganglinien an den einzelnen Knoten mit angezeigt.



### Datenausgabe

Die Berechnungsergebnisse werden überwiegend tabellarisch und grafisch ausgegeben. Nach der Berechnung werden die Ergebnisse automatisch in einer Druckvorschau angezeigt, um dann verworfen oder abgedruckt zu werden.

### Datenaustausch

LUNA verwendet dieselbe Datenbank, wie die Rehm-Programme aus dem Bereich RIVERPAC (u.a. Programm FLUSS) oder dem Bereich SEWERPAC (u.a. Programme GraPS und HYKAS). Der Datenaustausch (von z.B. von Einzugsgebietsdaten, die in GraPS digitalisiert worden sind) ist daher nicht erforderlich.

Außerdem kann LUNA Abflussganglinien im ASCII- und Excel-Format importieren und exportieren. (u.a. auch Export nach HYKAS und FLUSS-2D)