

Tagungsbeitrag zu: Postervorstellung  
der Kommission I der DBG

Titel der Tagung: Böden verstehen –  
Böden nutzen – Böden fit machen

Kommission I der DBG, 03.-09.09.  
2011, Berlin und Potsdam

Berichte der DBG  
(nicht begutachtete online Publikation)

[http:// www.dbges.de](http://www.dbges.de)

### **Modellierung der Abflussdynamik und des Pestizidaustrags in einem Wassereinzugsgebiet in Nordthailand**

Bannwarth<sup>1</sup>, M., Hugenschmidt<sup>2</sup>, C.,  
Sangchan<sup>1</sup>, W., Ingwersen<sup>1</sup>, J., Lamers<sup>1</sup>,  
M. und Streck<sup>1</sup>, T.

#### **Zusammenfassung**

In den Bergregionen Nordthailands nimmt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft und damit die Belastung von Oberflächengewässern seit Jahrzehnten ständig zu. Das Ziel dieser Studie ist daher, die Abflussdynamik und den Pestizidaustrag in einem Wassereinzugsgebiet in Nordthailand zu simulieren und so die Belastung des Vorfluters mit Pflanzenschutzmitteln abzuschätzen. Für die Simulation wurde das SWAT-Modell verwendet. In einem ersten Schritt wurde die Sensitivität ausgewählter Modellparameter mittels Latin-Hypercube-Analyse ermittelt. Danach wurde das Modell für das Jahr 2008 mittels probabilistischen Simulationen kalibriert und für die Jahre 2009 und 2010 validiert. Erste Simulationsergebnisse zeigen eine gute Übereinstimmung zwischen gemessenen und simulierten Abflüssen. Erste Simulationsergebnisse des

kumulierten Pestizidaustrags zeigen bisher nur für einen Teil der untersuchten Pestizide zufrieden stellende Ergebnisse. Die Kalibrierung der für den Pestizid-Transport relevanten Parameter muss noch verbessert werden.

#### **Schlüsselwörter**

Abflussdynamik, Modellierung, Thailand, Bergregion, SWAT

#### **Einleitung**

In den Bergregionen Nordthailands nimmt der Einsatz von Pflanzenschutzmitteln in der Landwirtschaft seit Jahrzehnten ständig zu (Kruawal 2005). Kahl et al. (2008) und Sangchan et al. (2011) haben in vorherigen Studien auf Hang- und Einzugsgebietsskala gezeigt, dass ein Teil der applizierten Pestizide mit dem Oberflächen- und Zwischenabfluss in die Vorfluter gelangen kann. Da in den Bergregionen das Flusswasser direkt für die Versorgung der Haushalte und die landwirtschaftliche Beregnung eingesetzt wird, stellt eine Wasserbelastung mit Pestiziden ein erhebliches Risiko für Umwelt und Nahrungsmittelqualität dar. Das Ziel dieser Studie ist, Abflussdynamik und Pestizidaustrag in einem Wassereinzugsgebiet zu simulieren und die Belastung der Oberflächengewässer mit Pestiziden abzuschätzen. Unsere Studie soll dazu beitragen, die Belastung von Oberflächengewässern besser beurteilen zu können, um geeignete Strategien zur Verminderung der Pestizidbelastung in Nordthailand zu entwickeln.

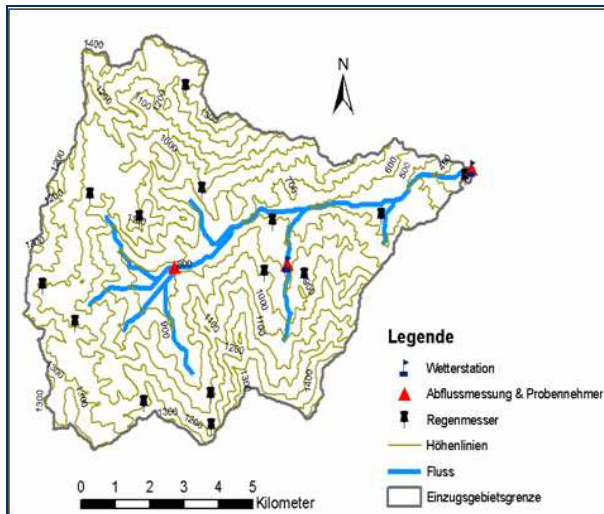
#### **Material und Methoden**

Unser Untersuchungsgebiet ist das Wassereinzugsgebiet Mae Sa in Nordthailand (Abb. 1). Das Klima ist tropisch geprägt, mit einer Jahresdurchschnittstemperatur von 24°C und einem Jahresniederschlag von 1300 mm. Die Fläche des Einzugsgebiets beträgt 77km<sup>2</sup>, wovon zwei Drittel bewaldet sind, während der Rest landwirtschaftlich genutzt wird. Die vorherrschenden Bodentypen sind Acrisole und Cambisole (FAO Klassifikation). Seit 2007 wird der

<sup>1</sup> Institut für Bodenkunde und Standortslehre,  
Fachgebiet Biogeophysik, Universität Hohenheim

<sup>2</sup> Institut für Natur- und Ressourcenschutz,  
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel

Abfluss an drei Pegelstationen in der Mitte des Untersuchungsgebietes und am Gebietsauslass kontinuierlich gemessen.



**Abbildung 1:** Das Untersuchungsgebiet Mae Sa mit Messstellen.

Zur Bestimmung der Pestizidfrachten im Vorfluter werden zusätzlich an jeder Pegelstation automatisch abflussproportional Wasserproben entnommen. Dies geschah nur in den Jahren 2008 und 2010. Die Proben wurden in Thailand auf Carbopack-Säulen aufgezogen und auf an der Landesanstalt für Chemie in Hohenheim mittels GC- $\mu$ NPD und GC-MS Pestizide analysiert. Die Niederschlagsverteilung und –intensität wird durch ein Netz von Niederschlagsmessstellen erfasst. Weitere meteorologische Variablen, wie z.B. die Lufttemperatur, werden mit Hilfe von zwei Wetterstationen gemessen. Die Applikationsmengen der einzelnen Pestizide wurden durch aufwändige Befragungen ermittelt. Für die Modellierung der Abflussdynamik und des Pestizidaustrags wird das semi-verteilte Wasserhaushaltsmodell SWAT (Soil & Water Assessment Tool, Neitsch et al. 2005) verwendet. Als Eingabedatensatz benötigt SWAT neben meteorologischen Daten digitale Karten der Landnutzung, des Bodentyps und der Hangneigung. Um die Sensitivität der Modelleingangsgrößen für die Abflussdynamik zu quantifizieren, wurde zunächst eine Latin-Hypercube-Sensitivitätsanalyse durchgeführt (Van Griensven et al. 2006). Die Kalibrierung

des Modells wurde zunächst im Hinblick auf den Gesamtgebietsabfluss durchgeführt. Hierbei wurden die 10 sensitivsten Parameter mittels probabilistischer Simulationen angepasst. Die einzelnen Parameter wurden hierbei für jede HRU gesondert kalibriert. Die Suche nach den besten Werten der einzelnen Parameter erfolgte dabei über jeweils trianguläre Wahrscheinlichkeitsverteilungen mit vorgegebenen Ober- und Untergrenzen. Um den Modalwert herum wurden entsprechend mehr Simulationen durchgeführt als an den Grenzen. Das Modell wurde auf Basis der Messdaten der Jahre 2008 kalibriert und für die Jahre 2009 und 2010 validiert. Die Güte der Modellanpassung wurde mit dem Nash-Sutcliffe-Koeffizient beurteilt (Nash and Sutcliffe 1970).

## Ergebnisse

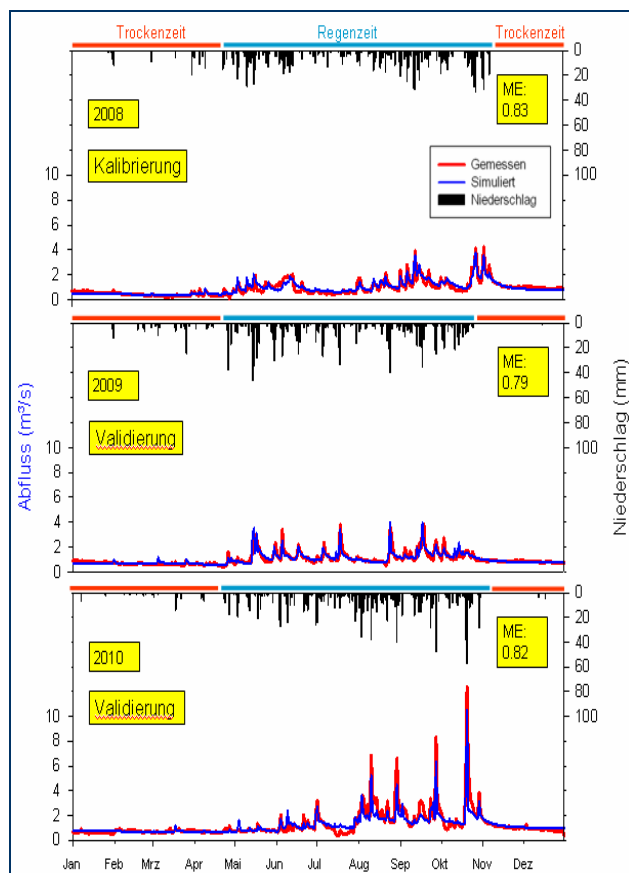
Die 4 sensitivsten Parameter sind in Tabelle 1 dargestellt. Der angegebene Wertebereich umfasst die entsprechenden Parameterwerte für die insgesamt 111 hydrologischen Einheiten (HRUs).

**Tabelle 1:** Übersicht über die 4 sensitivsten Parameter bei der Modellierung des Gesamtgebietsabflusses mit SWAT.

Rang	Parameter	Beschreibung	Bereich
1	Rchrg_Dp	Anteil des Bodenwasserflusses in den tiefen Aquifer	0.43-0.45
2	Gwqmn	Grenzwert für den Rückfluss vom Aquifer in den Boden	185 – 220 [mm]
3	Cn2	„Curve Number“	33.5-77.2
4	Sol_K	Ks - Wert	9-18 [mm/h]

Niederschlag und Abflussdynamik sind stark durch Regenzeit und Trockenzeit geprägt (Abbildung 2). Es kommt zu sehr viel höheren Abflüssen, wenn sich der Regen nicht gleichmäßig verteilt, sondern in kurzen, heftigen Regenfällen niedergeht. Das Jahr 2010 unterscheidet sich von den Jahren 2008 und 2009 im Abfluss und in der Niederschlagsmenge einzelner, großer

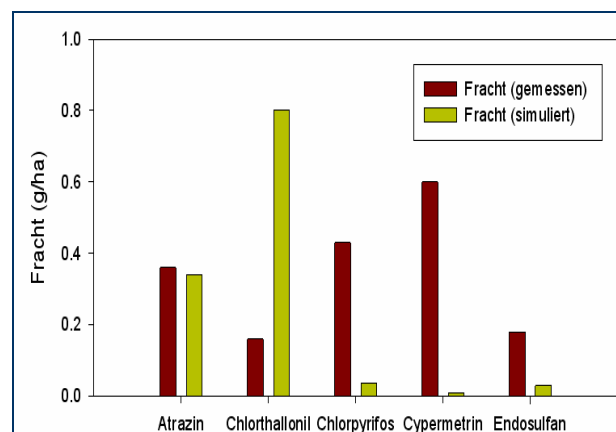
Ereignisse; im Oktober-November sind die Abschlussspitzen 2010 doppelt so hoch wie 2008 und 2009. Der Gesamtjahresniederschlag bewegt sich aber im selben Bereich (Tabelle 2). Die hohen Abflussspitzen des Jahres 2010 werden kontinuierlich unterschätzt. Ansonsten konnte mit dem Modell SWAT die temporale Dynamik und die Höhe der einzelnen Abflussspitzen ausreichend gut simuliert werden. Die Modelleffizienz betrug für das Jahr 2008 0.83 (Kalibrierung) und für die Jahre 2009 und 2010: 0.82 bzw. 0.79 (Validierung).



**Abbildung 2:** Gemessener und mit SWAT modellierter Abfluss am Auslass des Einzugsgebiets Mae Sa.

Die Ganglinienseparation der simulierten Gesamtjahresabflüsse inklusive des beobachteten Gesamtjahresabflusses und des Jahresniederschlags ist in Tabelle 2 vergleichend zusammengefasst. Die Vergleichswerte stammen aus einer Untersuchung mehrerer Niederschlagsereignisse an einem Hang des Einzugsgebiets. Der Oberflächenabfluss ist bei starken Niederschlagsereignissen dominant. Der laterale Fluss und der Grundwasserabfluss machen zusammen über 90% des Gesamtabflusses aus.

Die Simulation der Pestizidfrachten ist für Atrazin zufrieden stellend, während sich ansonsten simulierte und gemessene Werte stark unterscheiden. Chlorthallonil wird in der Simulation stark unterschätzt, während alle anderen Pestizide unterschätzt werden (Abbildung 3). Die Kalibrierung der für den Pestizid-Transport relevanten Parameter muss noch verbessert werden.



**Abbildung 3:** Gemessene und mit SWAT modellierte kummulierte Fracht verschiedener Pestizide für das Jahr 2008 bezogen auf die landwirtschaftliche Fläche von 1861 ha.

**Tabelle 2:** Ganglinienseparation der simulierten Jahresabflüsse zusammen mit gemessenem Jahresabfluss und Jahresniederschlag.

Abflüsse in $10^6 \text{ m}^3$	Simuliert				Gesamt-abfluss (Messung)	Nieder-Schlag (mm)
	Ober-flächen-abfluss	Lateraler Fluss	Grundwasser-fluss	Gesamt-abfluss		
2008	1.8 (6%)	11.7(40%)	16.1 (54%)	29.7	29.2	1352
2009	2.1 (6%)	9.7 (29%)	21 (65%)	32.5	32.7	1281
2010	3.3 (8%)	12.0 (31%)	23.0 (61%)	38.3	40.0	1316
2008-10	7%	33%	60%			
Vergleichswerte (Duffner 2010)	4%	17%	79%			

## Diskussion und Ausblick

Sobald die Analysedaten der Pestizide für das Jahr 2010 vorliegen, muss die Kalibrierung des Pestizid-Transports abgeschlossen und danach das Modell validiert werden. Da sich das Jahr 2010 in seiner Abflusssdynamik von 2008/09 unterscheidet, würde man erwarten, dass es dann auch deutlich höhere Pestizidfrachten aufweist. Die simulierten Frachten unterscheiden sich von den beobachteten wahrscheinlich nicht nur wegen der wohl noch unzureichenden Kalibrierung der Transportparameter. Auch verschiedene Unsicherheiten, besonders in der Applikationsmenge, können eine Ursache sein. Für die Zukunft planen wir eine detaillierte Untersuchung der von uns beobachteten Untereinzugsgebiete, indem wir deren Abflüsse und Pestizidfrachten im speziellen noch untersuchen und simulieren. Anschließend werden wir das SWAT Modell mit einem dynamischen Landnutzungsmodell koppeln, um so die Auswirkungen verschiedener Landnutzungs- und Managementoptionen und deren Unsicherheiten im Hinblick auf den Austrag von Pestiziden abzuschätzen.

### Literatur:

- Duffner, A. 2010. Hydrograph separation and mapping of the saturated hydraulic conductivity for identifying the pesticide transport pathways from a sloped litchi orchard to an adjacent stream. Master Thesis, Universität Hohenheim.
- Kahl, G., Ingwersen, J., Nutniyom, P., Totrakool, S., Pansombat, K., Thavornytikarn, P., und Streck, T., 2008. Loss of pesticides from a litchi orchard in Northern Thailand. *European Journal of Soil Science*, 59: 71-81.
- Kruawal, K., Sacher, F., Werner, A., Müller, J., und Knepper, T.P., 2005. Chemical water quality in Thailand and its impacts on the drinking water production in Thailand. *Science of the Total Environment*. 340: 57–70.
- Neitsch, S.L., Arnold, J.G., Kiniry, J.R. und Williams, J.R., 2005. Soil and Water Assessment Tool - Theoretical Documentation, Version 2009, Temple, Texas.
- Nash, J. E. and J. V. Sutcliffe (1970), River flow forecasting through conceptual models part I — A discussion of principles, *Journal of Hydrology*, 10 (3), 282–290.
- Sangchan, W., Hugenschmidt, C., Ingwersen, J., Schwadorf, K., Thavornytikarn, P., Pansombat, K., Yongyuth, S., und Streck, T., 2011. Pesticide concentrations and loads of a tropical river during two runoff events. Eingereicht bei *Agriculture, Ecosystems & Environmental Journal*
- Van Griensven, A., Meixner, T., Grunwald, S., Bishop, T., Diluzio, A., und Srinivasan, R., 2006. A global sensitivity analysis tool for the parameters of multi-variable catchment models. *Journal of Hydrology*, 324: 10–23.