

# Extrapolation von Lysimeter-Ergebnissen mit Simulationsmodellen: Auswirkung einer Zwischenbegrünung auf den Wasserhaushalt und den Ertrag im Marchfeld

E. STENITZER und J. HÖSCH

## Abstract

The short term results of a lysimeter experiment on the influence of intercrop upon ground water recharge were extrapolated to mean values of more than two decades by the simulation model SIMWASER. Although limited input data had been used in this pilot simulation the results show a coarse conformance between measurement and simulation and also that the lysimeter station probably might have been influenced by an oasis effect.

## 1. Einleitung

Die während der Jahre 1998 - 2000 durchgeführten Untersuchungen an der Lysimeteranlage Hirschstetten (BÖHM und HÖSCH, 2001) zeigen eine deutliche Reduzierung des Nitrataustrages bei zeitgerechtem Zwischenfruchtanbau, wobei jedoch keine Variante ohne Zwischenfruchtanbau untersucht wurde, und somit keine Aussage über dessen Auswirkung auf Ertrag bzw. Grundwasserneubildung gemacht werden konnte. Mit der vorliegenden Arbeit wird nun versucht, die Messergebnisse des Zwischenfrucht-Versuches der Lysimeteranlage Hirschstetten mit dem Bodenwasserhaushalts- und Pflanzenwachstums-Modell SIMWASER (STENITZER, 1988) nachzuvollziehen und sowohl in zeitlicher Hinsicht, als auch hinsichtlich einer "Null-Variante" zu erweitern, um auf diese Weise weitere Daten für eine betriebs- und wasserwirtschaftliche Beurteilung des Zwischenfruchtanbaues im Marchfeld liefern zu können.

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Simulationsmodell

Mit dem Modell SIMWASER wird die tägliche Bilanz zwischen Niederschlag,

Verdunstung, Bodenspeicherung und Oberflächenabfluss auf der Basis von täglichen Wetterdaten (Lufttemperatur, relative Luftfeuchte, Windgeschwindigkeit, Globalstrahlung und Niederschlag) für eine durch ihren Profilaufbau gekennzeichnete "Bodenform" bei Berücksichtigung des jeweiligen Pflanzenbestandes und seines Entwicklungsstandes bzw. seiner Pflanzenarchitektur berechnet. Dazu müssen der Bodenaufbau (also die Schichtabfolge) und die Bodenarten der einzelnen Schichten bekannt sein. Für die Berechnung der Wasserbewegung werden die pF- und die Ku-Kurven der jeweiligen Bodenart benötigt; für die Abschätzung der Wurzelentwicklung bei Feldfrüchten und Grünlandbeständen wird darüber hinaus die Kurve des Penetrometerwiderstandes als Funktion des Matrixpotentials benötigt. Für die Berechnung der Pflanzenentwicklung, des Pflanzenwachstums und -Ertrages sowie des damit verbundenen Wasserverbrauchs werden sogenannte "Pflanzenkennwerte" für die unterschiedlichen Kulturen verwendet, womit der Einfluss der jeweiligen Bodenbedeckung auf den Bodenwasserhaushalt erfasst werden kann.

Wesentlich dabei ist, dass Wasserverbrauch und Pflanzenertrag unmittelbar über den Gasaustausch durch die Spaltöffnungen der Blätter miteinander gekoppelt sind, und dass nur dann der potentielle Ertrag erzielt werden kann, wenn die Wasserversorgung der potentiellen Transpiration entspricht. Eine eingeschränkte Wasserversorgung der Pflanze zieht eine entsprechende Einschränkung des Massenwachstums nach sich.

### 2.2 Lysimetermessungen

Die Lysimeteranlage des Institutes für Agrarökologie in Hirschstetten bei Wien

besteht aus 18 - mit drei verschiedenen Lysimeterböden - gestört befüllten Lysimetern, welche detailliert von DACHLER, 1996 und BÖHM, 1996 näher beschrieben werden. Auch der eingangs erwähnte Versuch über die Auswirkung des Zwischenfruchtanbaues auf Versickerung und Nitrataustrag wurde von BÖHM und HÖSCH (2001) bereits ausführlich dargestellt: der Versuch bestand aus drei Prüfgliedern (Prüfglied 1 = früher Anbau (vor dem 20. August), Umbruch am 1. Dezember; Prüfglied 2 = später Anbau (10. September), simuliertes Abfrostern zu Anfang Dezember, Umbruch am 15. Februar; Prüfglied 3 = später Anbau (10. September), kein Abfrostern, Umbruch 1. März des Folgejahres) mit je zwei Wiederholungen. Gemessen wurden die Sickerwassermengen und deren Nitrat-Konzentrationen, woraus der Stickstoffaustrag errechnet wurde. Während der Laufzeit des Versuches fiel nur bei den mit sandigem Tschernosem gefüllten Lysimetern in beiden Jahren Sickerwasser an, sodass die vorliegende Simulationsstudie auf diesen Bodentyp beschränkt wurde.

### 2.3 Lysimeterauswertung

Unter "Lysimeterauswertung" wird die Ermittlung der für die Simulation mit SIMWASER benötigten Bodenkennwerte und Wetterdaten aus den vorliegenden, alle 10 Minuten durchgeführten Messungen des Wassergehaltes, der Saugspannung, der Sickerwassermengen und der Wetterstation verstanden. Dabei wurden zunächst Ausreißer entfernt sowie bei den Versickerungsdaten fehlende Messwerte ergänzt und Tages-Mittelwerte bzw. -Summen als Grunddaten für die Erstellung einer Bodenwasserbilanz gebildet.

**Autoren:** Dr. Elmar STENITZER, Institut für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt, Pollnbergstraße 1, A-3252 PETZENKIRCHEN; DI Johannes HÖSCH, Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit GmbH, Spargelfeldstraße 191, A-1226 WIEN

Die für die Simulation der Wasserbewegung erforderlichen pF-Kurven wurden aus den parallel durchgeführten Saugspannungs- und Wassergehaltsmessungen geschätzt, wobei die routinemäßig mit Tensiometern gemessenen und entsprechend begrenzten Saugspannungen durch Messungen mit geeichten Gipsblöcken ergänzt wurden. Die auf diese Weise erhaltenen "Feld-pF-Kurven" wurden schließlich anhand von Labor-pF-Kurven vergleichbarer Böden vervollständigt. Die kapillare Leitfähigkeit wird aus Wassergehaltsänderungen bei bekannten Randbedingungen geschätzt, nach dem Verfahren von MILLINGTON und QUIRK (BOUWER und JACKSON, 1974) entsprechend dem Verlauf der pF-Kurven extrapoliert und schließlich anhand von Proberechnungen mit Messwertevergleich endgültig festgelegt. Die Kurve des Penetrometerwiderstandes wurde nach CANARACHE (1990) als Funktion der (auf Basis der "Feld-pF-Kurve" geschätzten) Lagerungsdichte und dem Tongehalt berechnet.

Sämtliche für die Modell-Eichung erforderlichen Wetterdaten lagen bis auf sehr wenige Ausfallzeiten vor; diese Ausfallzeiten wurden durch Korrelationen mit entsprechenden Messungen der Wetterstation des Institutes für Kulturtechnik in Obersiebenbrunn ergänzt.

## 2.4 Simulations-Studie

Mit dem geeichten Modell wurde die Auswirkung der geprüften Zwischenfrucht-Varianten auf die Sickerwasserbildung auf einen längeren Zeitraum (1978 - 2002) extrapoliert und mit der Variante "kein Zwischenfruchtanbau" verglichen. Dazu wurden die Wetterdaten der Station Obersiebenbrunn verwendet. Die Rechnungen wurden für die in *Tabelle 1* dargestellte Fruchtfolge durchgeführt. Die errechneten Erträge werden als Trockenmasse der gesamten Pflanze, jedoch ohne Wurzeln, angegeben; bei der Angabe der Stickstoffkonservierung durch die Zwischenfrucht wurde ein Stickstoffgehalt von 2.3 % angesetzt.

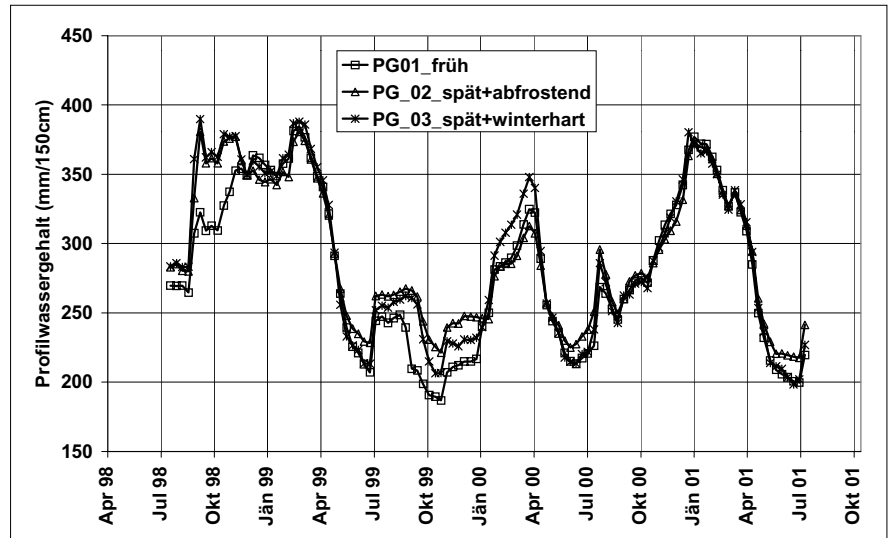
## 3. Ergebnisse

### 3.1 Lysimeterauswertung

Bei der Lysimetergruppe "Sandiger Tschernosem" handelt es sich um ein

*Tabelle 1: Modell-Fruchtfolge*

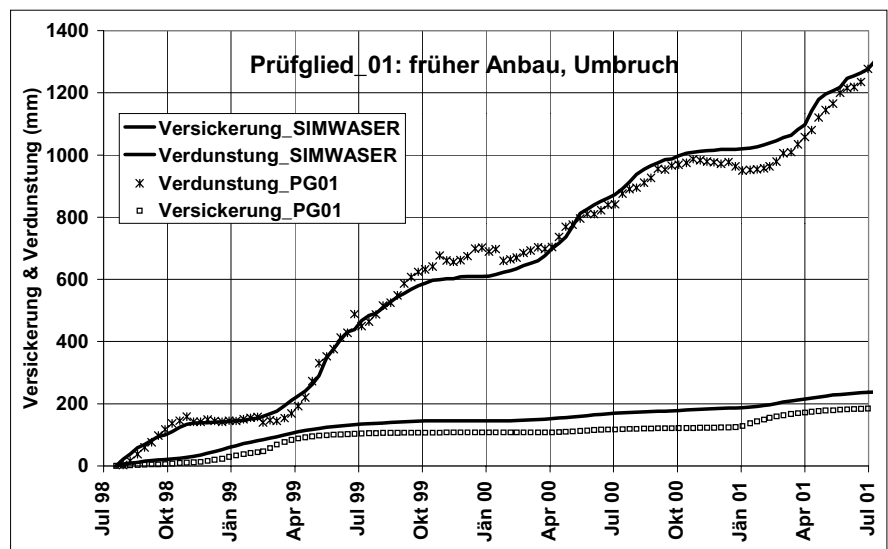
Mais-WWeizen-SGerste-WWeizen-SGerste-WRaps-WWeizen-SGerste-WWeizen-SGerste



*Abbildung 1: Verlauf des gemessenen Profilwassergehaltes in den Lysimetern*

*Tabelle 2: Gemessene Gesamt-Trockenmassen der drei Varianten*

Jahr	Frucht	Ertrag (kg TM/ha)		
		früh	spät+abfrostdend	spät+winterhart
1998	So-Gerste	8621	7533	7912
1998	PERKO	2983	1243	1006
1999	So-Weizen	6524	7533	6896
1999	PERKO	2277	2256	1316
2000	So-Gerste	1977	2190	2310
2001	Wi-Weizen	7007	6585	5424



*Abbildung 2: Vergleich von simulierter und gemessener Versickerung und Verdunstung bei Prüfglied 01*

gestört eingebautes mittelgründiges Schwarzerde-Bodenprofil mit einem stark sandhaltigem Feinboden bis in 95 cm Tiefe und einem kiesig-schottrigen Untergrund bis etwa 2 m Tiefe. Darunter befindet sich eine 45 cm mächtige Fil-

terschicht aus Quarzsand mit einer Körnung von 0.25 - 1.0 mm (GERZABEK und KRENN, 1996). Die bislang ausgewerteten Bodenkennwerte beschränken sich auf das Lysimeter S04 und wurden der Simulation zu Grunde gelegt. Dies

stellt eine grobe Vereinfachung der tatsächlichen Verhältnisse dar, denn trotz des sorgfältigen Bodeneinbaues stellen sich in den verschiedenen Messtiefen unterschiedliche Wassergehalte bei den einzelnen Lysimetern einer Gruppe mit gleicher Bodenbefüllung ein. Dennoch kann die Auswirkung der Zwischenfrucht-Varianten auf die jeweils mittlere Profilwassermenge (Abbildung 1) sowie auf den Sickerwasseranfall und die Verdunstung deutlich erkannt werden. Die entsprechenden Ertragsmessungen werden in der Tabelle 2 zusammengestellt.

### 3.2 Simulation

Bei der Modellvalidierung mit den für alle drei Prüfglieder angesetzten Bodenkennwerten des Lysimeters S04 konnte vorläufig lediglich eine grobe Übereinstimmung (Abbildungen 2 - 4) zwischen Rechnung und Messung erzielt werden, da für den Bereich zwischen 180 und 250 cm Tiefe wegen des kiesig-schottrigen Materials keine Bodenfeuchtemessungen zur Ableitung der Bodenkennwerte vorlagen, und die Berechnungen nur bis in 150 cm Tiefe durchgeführt wurden. Des weiteren konnte das vergleichsweise niedrige Ertragsniveau der Hauptfrüchte (Abbildung 5) nur bei Annahme eines ungewöhnlich hohen Wasserbedarfes errechnet werden, was auf einen deutlichen Oaseneffekt hinweist.

### 3.3 Simulations-Studie

Die Ergebnisse der Simulation sind in den Tabellen 3 und 4 als Mittelwerte der Jahre 1978 bis 2002 zusammengestellt und zeigen, dass der zeitgerechte Zwischenfruchtanbau erwartungsgemäß eine deutliche Stickstoffkonservierung ergibt und auch eine geringfügige Abminderung der Grundwasserneubildung im Falle des frühen Anbaues bzw. der winterharten Bedeckung bewirkt, während die abgefrostete Zwischenfrucht durch verringerte Verdunstung ihren Wasserverbrauch wieder wettmacht. Beim frühen Anbau und bei der winterharten Zwischenfrucht ergeben sich nur geringfügige Ertragseinbußen; durch den verbesserten Wasserhaushalt infolge der Mulchdecke der abfrostenden Zwischenfrucht ergibt sich sogar ein geringfügiger Mehrertrag der Hauptfrucht!

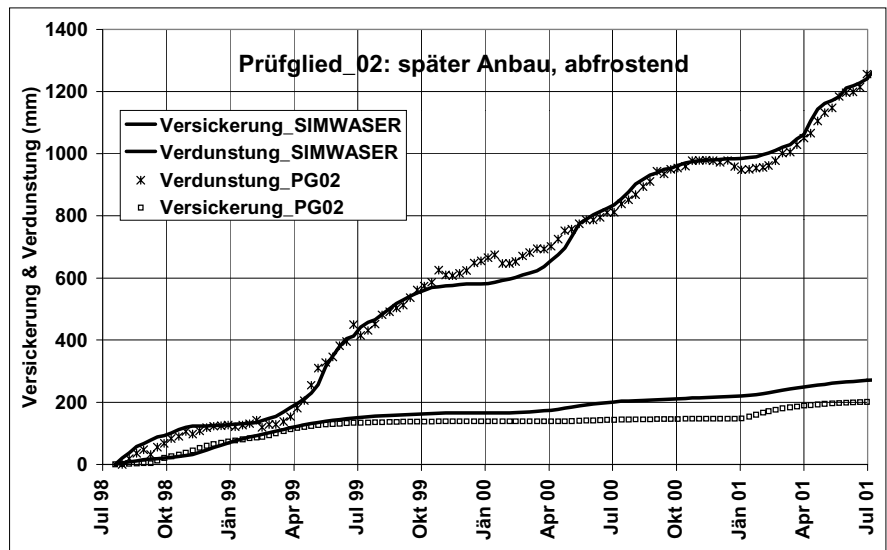


Abbildung 3: Vergleich von simulierter und gemessener Versickerung und Verdunstung bei Prüfglied 02

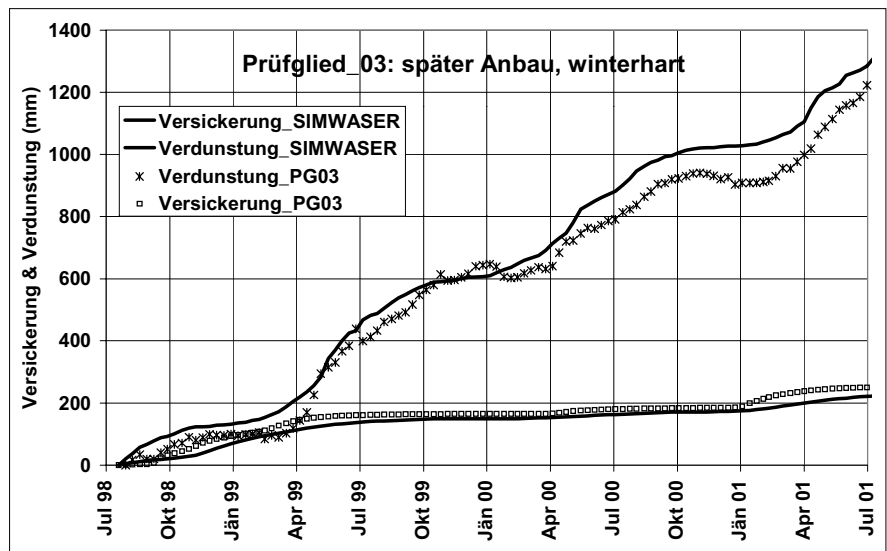


Abbildung 4: Vergleich von simulierter und gemessener Versickerung und Verdunstung bei Prüfglied 03

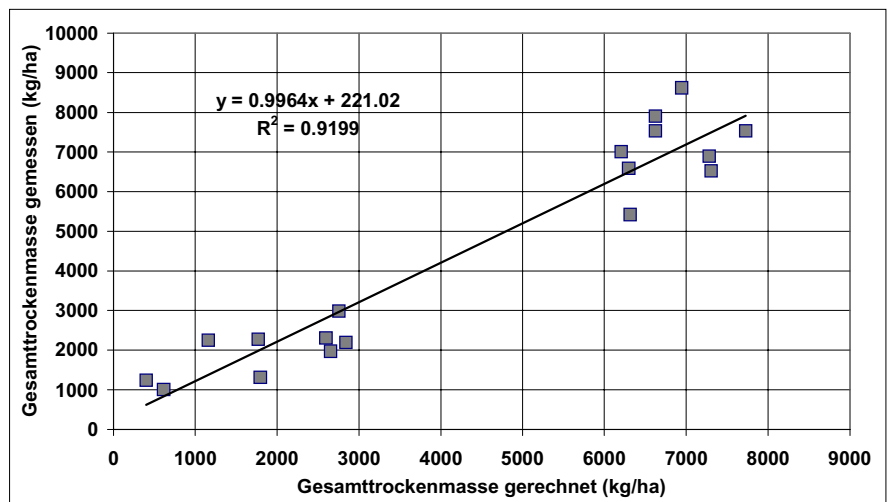


Abbildung 5: Vergleich von simulierter und gemessener Gesamt-Trockenmasse

**Tabelle 3: Wasserbilanz der verschiedenen Szenarien (Angaben in mm/a; Mittelwerte 1978-2002)**

Variante	Niederschlag	Verdunstung	Versickerung
ohne Zwischenfrucht	520	456	67
früher Anbau	520	469	55
später Anbau, abfrostend	520	456	67
später Anbau, winterhart	520	468	56

**Tabelle 4: Mittlere Erträge an Pflanzenmasse (kg TM/ha) und Stickstoffkonservierung (kg N/ha) durch die Zwischenfrucht**

Variante	Ertrag Hauptfrucht	Ertrag Zwischenfrucht	N-Konservierung
ohne Zwischenfrucht	6039	-	-
früher Anbau	5969	1534	35
später Anbau, abfrostend	6170	406	9
später Anbau, winterhart	5990	587	14

#### 4. Diskussion

Die hier dargestellten Ergebnisse stellen zur Zeit nur vorläufige und orientierende "Ergebnisse" dar, da die vorliegenden Messwerte und die daraus abgeleiteten Bodenkennwerte lediglich den Feinbodenbereich des Lysimeterbodens im Lysimeter S04 erfassen. Durch ergänzende Messungen im kiesig-schottrigen Bereich sowie durch die Auswertung der übrigen Lysimeter der Gruppe "Sandiger Tschernosem" wird eine weitere Absicherung und Verbesserung der vorgestellten Simulationsergebnisse erwartet. Erst dann kann auch die Frage weiter un-

tersucht werden, ob tatsächlich ein Oaseneffekt vorliegt, auf welchen zur Zeit der außerordentlich geringe Pflanzenertrag bei Sommergerste im Jahre 2000 (Tabelle 1) zurückgeführt wird.

Diese Problematik ist insofern von großer Wichtigkeit, da mit dem anhand der Lysimetermessungen geeichten Modell bei dessen praktischer Anwendung ein unrealistisch hoher Pflanzenwasserbedarf errechnet wird, der bei dem begrenzten Wasserdargebot im Marchfeld sowohl einen geringeren Pflanzenertrag als auch weniger Grundwasserneubildung ergibt als dies tatsächlich der Fall ist.

#### 5. Literaturverzeichnis

- BÖHM, K., 1996: Lysimeteranlage Hirschstetten: erste Ergebnisse der Sickerwasseranalysen. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 47 - 53. BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning.
- BÖHM, K. und J. HÖSCH, 2001: Der Zwischenfruchtanbau als Instrument der Stoffkonservierung. Bericht über die 9. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 51 - 56. BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning.
- BOUWER, H. and R.D. JACKSON, 1974: Determining Soil Properties. In: J. van Schilfgaarde (ed): Drainage for Agriculture, Agronomy Series 17, Madison, Wisconsin USA.
- CANARACHE, A., 1990: PENETR - a generalized semi-empirical model estimating soil resistance to penetration. Soil Tillage Res. 16: 51-70.
- DACHLER, M., 1996: Entstehungsgeschichte und Konzeption der Lysimeteranlage Hirschstetten. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 27 - 32. BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning.
- GERZABEK, M. H. und A. KRENN, 1996: Errichtung der Lysimeteranlage Hirschstetten. Bericht über die 6. Gumpensteiner Lysimetertagung, S. 33 - 36. BAL Gumpenstein, A-8952 Irdning.
- STENITZER, E., 1988: SIMWASER - Ein numerisches Modell zur Simulation des Bodenwasserhaushaltes und des Pflanzenertrages eines Standortes. Mitteilungen der Bundesanstalt für Kulturtechnik und Bodenwasserhaushalt Nr. 31, A-3252 Petzenkirchen.