

Einsatz eines Stickstoffaustragsmodells in der landwirtschaftlichen Grundwasserschutzberatung

Peter Cepuder^{1*}, Reinhard Nolz¹, Volker aus der Schmitten¹, Johannes Maßwohl²
und Albert Bernsteiner²

Zusammenfassung

Die Grundwasservorkommen im Grazer Feld, Leibnitzer Feld und im Unteren Murtal dienen für viele Bewohner als Trinkwasserressource. Eine Belastung des Grundwassers mit Stickstoff dürfte von den applizierten Stickstoffdüngemitteln ausgehen, was sich auf Grund von langjährigen Untersuchungen bestätigt. Auf Grund dieser Problematik wurden für ein Untersuchungsgebiet landwirtschaftlicher Nutzflächen südlich von Graz mehrere Simulationen mit unterschiedlichen Düngeszenarien in Hinblick auf Ertrag, Sickerwassermenge und Stickstoffaustrag durchgeführt.

Die effiziente Umsetzung Grundwasser schonender Maßnahmen in der Landwirtschaft erfordert ein hohes Maß an Akzeptanz und Problembewusstsein bei den betroffenen Landwirten. Diese erreicht man durch zielwirksame, nachvollziehbare, möglichst unbürokratische, praktikable und in den Betriebsablauf integrierbare Maßnahmen. Zur Veranschaulichung von Grundwasserschutzmaßnahmen für den Landwirt wurde von der Landwirtschaftlichen Umweltberatung Steiermark und der BOKU Wien ein Beratungsinstrument entwickelt. Damit kann bei der einzelbetrieblichen Düngeplanung eine Einschätzung hinsichtlich Ertragsersparnis und Stickstoffaustrag gegeben werden. Dieses Instrument soll in der Beratung am landwirtschaftlichen Betrieb eingesetzt werden, um gemeinsam mit dem Landwirt unter Berücksichtigung von Risikokulturen und -standorten, den bestmöglichen Konsens zwischen pflanzenbaulichem Ertrag und wasserwirtschaftlichen Erfordernissen zu erreichen. Die direkte Konfrontation des Landwirts mit den zu erwartenden Auswirkungen seiner geplanten Düngemaßnahmen und der Fruchtfolge soll vor allem die Akzeptanz für Grundwasserschutzmaßnahmen erhöhen.

Einleitung

In Österreich zählt Wasser zu den besonders schützenswerten Ressourcen. Gerade Grundwasser ist in Hinblick auf die Trinkwassernutzung ein sensibler Bereich, der vor Kontaminationen verschont werden muss.

Neben der Industrie und den Kommunen ist die Landwirtschaft als Quelle für die Belastung unserer Umwelt zu nennen. Besonders in landwirtschaftlich intensiv genutzten

Gebieten ist dieser Problematik vermehrt Aufmerksamkeit zu schenken, vor allem weil die Belastungen in der Regel diffus auftreten. Deshalb müssen die Quellen für Emissionen nicht punktuell sondern flächig untersucht und behandelt werden.

Die Grundwasservorkommen im Murtal dienen für viele Bewohner als Trinkwasserquelle. Eine Gefährdung für das Grundwasser scheint von den applizierten anorganischen und organischen Düngemitteln auszugehen, was sich auf Grund von langjährigen Untersuchungen bestätigt. Hier ist vor allem die Belastung des Grundwassers mit Stickstoff zu nennen. Die Höhe sowie die Verteilung der jährlichen Niederschläge hat durch die Sickerwasserbildung einen nicht unbeträchtlichen Einfluss auf die Verlagerung der Nährstoffe und somit deren Konzentration im Grundwasser. Bei Überschreiten des in der Qualitätszielverordnung festgelegten Grenzwertes (QZV Chemie GW 2010) sind Maßnahmen zur Verringerung des Inhaltstoffes zu treffen.

Die Lösungsansätze die Landwirtschaft betreffend sind sehr vielfältig: Änderungen der Bodenbearbeitung, der Fruchtfolge und damit verbunden der Einsatz von Düngemitteln, die Optimierung der Bewässerung, aber auch Flächenstilllegungen bzw. Aufforstungen. Anhand von Modellanwendungen mit verschiedenen Szenarien können einige dieser Lösungsansätze untersucht werden. Auf Grund der aktuellen Problematik mit steigenden Nitratkonzentrationen im Grundwasser wurden im Bereich des Grazer Feldes, des Leibnitzer Feldes und des Unteren Murtales für die landwirtschaftlichen Nutzflächen mehrere Simulationen mit unterschiedlichen Düngeszenarien in Hinblick auf Sickerwasseranfall und Stickstoffaustrag durchgeführt. Diese sollen auch als Basis für die geplante Beratungstätigkeit dienen.

Die steirische Umweltberatung möchte durch Beratung ein besseres Verständnis in der landwirtschaftlichen Bevölkerung in Zusammenhang mit der Düngung erreichen. Dies soll mit Hilfe eines Simulationstools erfolgen, welches gestattet, der bäuerlichen Bevölkerung den umweltbewussten Einsatz dieser Betriebsmittel zu verdeutlichen.

Material und Methoden

Das Projektgebiet liegt südlich von Graz und bezeichnet den weitläufigen Talraum der Mur von deren Austritt aus den Alpen bis zur Grenze. Das Untersuchungsgebiet

¹ Institut für Hydraulik und landeskulturelle Wasserwirtschaft, Universität für Bodenkultur Wien, Muthgasse 18, A-1190 WIEN

² Landwirtschaftskammer Steiermark, Hamerlinggasse 3, A-8010 GRAZ

* Ansprechpartner: Ass.Prof. DI Dr. Peter Cepuder, peter.cepuder@boku.ac.at



Tabelle 1: Durchschnittswerte der Jahresmittel von 1980 bis 2012.

Mittelwerte 1980 bis 2012	Global- strahlung MJ/m ² .d	Temp. max. °C	Temp. min. °C	Nieder- schlag mm	Relative Luft- feuchtigkeit %	Windge- schwindigkeit m/s
Graz Flughafen	11,6	15,2	4,9	829	74	1,7
Leibnitz	11,6	15,3	4,6	911	71	1,2
Bad Radkersburg	11,8	15,4	5,5	822	75	1,5

umfasst eine landwirtschaftlich genutzte Fläche von ca. 28.000 ha. Der Talraum um die Mur besteht aus fluvialen und fluvioglazialen Sedimenten welche für die Grundwasserspeicherung bedeutend sind. Über den Schotterkörpern liegen meist braune Auböden. Das Untersuchungsgebiet hat vorwiegend gemäßigttes Übergangsklima, das vom niederschlagsarmen pannonisch- bzw. illyrisch-kontinentalen Klima mit heißen Sommern und kalten Wintern aber auch von den Mittelmeerniederschlägen beeinflusst wird. Beim Boden dominiert eine lehmig-sandige Feinsedimentdecke mit einer durchschnittlichen Mächtigkeit zwischen 60 und 80 cm. Rund 40 % der Ackerfläche werden als geringwertig, 30 % als mittelwertig und 30 % als hochwertiges Ackerland ausgewiesen (BMLFUW 2013).

Die flächenmäßig am häufigsten angebaute Kultur ist Mais, ein wesentlicher Bestandteil lokaler Fruchtfolgen. An zweiter Stelle folgt Ölkürbis aus dessen Kernen Öl gewonnen wird. Insgesamt werden im Projektgebiet mehr als 50 verschiedene Kulturen angepflanzt. Davon werden aber nur einige Kulturen auf einer Fläche von jeweils mehr als 1 % der gesamten landwirtschaftlich genutzten Fläche angebaut. Für die Beratung wurden die Kulturen Körnermais, Ölkürbis, Winterweizen und Sojabohne ausgewählt. Nach Winterweizen wird dabei im Regelfall eine Zwischenbegrünung angebaut.

Für das Untersuchungsgebiet wird das mathematische Simulationsmodell EPIC (Environmental Policy Integrated Climate) (SHARPLEY und WILLIAMS 1990) eingesetzt. Mit diesem Modell können eine Reihe physikalischer und chemischer Prozesse simuliert werden. Es basiert im Wesentlichen auf Teilbereichen zur Beschreibung von Wasserhaushalt, Stoffverlagerung, Pflanzenwachstum und Erosion. Die Verknüpfung dieses Modells mit klimatischen, bodenphysikalischen, hydrologischen und pflanzenphysiologischen Daten ergibt somit auch die Möglichkeit der Darstellung der gesamten vertikalen Wasser- und Stickstoffverläufe in Verbindung mit dem Pflanzenwachstum (WILLIAMS 1986).

Die Verwaltung und Darstellung räumlicher Daten erfordert ein GIS. Durch Verknüpfung von EPIC mit ArcView-GIS ist eine einfache Handhabung aller notwendigen Daten und Parameter gewährleistet. Aus der digitalisierten Bodenkarte der Kartierungsbereiche Graz-Süd, Wildon, Leibnitz, Mureck und Bad Radkersburg (BMLFUW 2013) konnten alle erforderlichen Detaildaten wie Mächtigkeit, Bodenart, Speicherfähigkeit, Grobanteil, etc. für das EPIC-GIS Programm entnommen werden.

Für die Simulation sind Tagesdaten von Strahlung, Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Windgeschwindigkeit und Niederschlag erforderlich. Diese wurden von der Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik (ZAMG) für 1980 bis

Tabelle 2: Typische Fruchtfolgen für die Beratung.

Anbauggebiet	Fruchtfolge
Grazer Feld	KM – KM – KM – KM – KM – KM – WW – KM – KM – KM
Leibnitz	KM – KM – KÜ – KM – KM – KM – WW – KÜ – KM – KM
Unteres Murtal	SJ – KM – KÜ – KM – WW – KÜ – KM – KM – KÜ – KM

KM...Körnermais, WW...Winterweizen mit Zwischenbegrünung, KÜ...Kürbis, SJ...Sojabohne

2012 von den Wetterstationen Graz-Flughafen, Leibnitz und Bad Radkersburg zur Verfügung gestellt. In *Tabelle 1* sind die Durchschnittswerte der Jahresmittel zusammengefasst.

Die durchschnittlichen jährlichen Temperaturen bewegen sich für die beiden Regionen Grazer Feld und Leibnitzer Feld um 10°C. Im Unteren Murtal liegen diese mit 10,5°C etwas darüber. Dies zeigt sich auch in einer etwas höheren Strahlung. Die Niederschläge sind mit durchschnittlich 911 mm im Leibnitzer Feld um ca. 90 mm über den beiden anderen Regionen. Die Windgeschwindigkeit im Leibnitzer Feld liegt etwas unter den beiden anderen Regionen.

Von der landwirtschaftlichen Beratung wurden drei typische Fruchtfolgen (*Tabelle 2*) für das Projektgebiet mit Zuordnung der Regionen sowie drei Düngevarianten vorgeschlagen. Diese Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Düngegaben wurden als Basis für die Simulationen gewählt. Durch eine entsprechende Programmierung und die Verknüpfung mit einer GIS Oberfläche können mit einfachen Schritten weitere Fruchtfolgen zusammengestellt und die entsprechenden Auswirkungen auf Ertrag, Sickerwasser und Stickstoffaustrag ermittelt werden. Der Einsatz des Simulationsmodells hat den Vorteil, dass für den jeweiligen Landwirt verschiedene Szenarien zusammengestellt und durch deren Berechnungen Prognosen über die Auswirkungen von geänderten Nutzungs- und Bewirtschaftungsformen unter Einbeziehung der Ertragslage auf die Wasserressourcen erstellt werden können. Körnermais (KM), Winterweizen (WW), Ölkürbis (KÜ), Sojabohne (SJ) wurden bearbeitet, aber es können auch andere Kulturen wie Sorghum, Gerste, Kartoffel, etc. eingebunden werden, auch unter Berücksichtigung von Zwischenbegrünung und Untersaaten.

Informationen betreffend Düngermenge, Düngerart und Düngezeitpunkt sind in *Tabelle 3* für die Standarddüngedaten (Variante A) enthalten. Düngervarianten B und C haben rund 10 bzw. 15 % geringere Stickstoffgaben. Die Bewirtschaftung der Felder spielt eine wichtige Rolle in Bezug auf die Durchführung der Simulation. Zu den benötigten Daten zählen Anbau (Datum, Pflanzen/m²), Ernte (Datum, Ertrag, Ernteindex, Biomasse), Dünger (Datum, Menge, Zusammensetzung) sowie Bearbeitung (Datum, Gerät, Bearbeitungstiefe) bezogen auf die jeweilige Kultur.

Tabelle 3: Düngerart, Düngermenge und Zeitpunkt der Düngergaben der Kulturen.

Kultur	Dünger	Datum	Menge kg/ha	Reinstickstoff kgN/ha
Düngevariante A				
Körnermais	Schweinegülle (TS)	12.4.	900	100
	Vollkorn Gelb	15.4.	200	30
	NAC	15.5.	200	54
Ölkürbis	Schweinegülle (TS)	26.4.	450	50
	Vollkorn Gelb	25.5.	300	30
Winterweizen	Schweinegülle (TS)	4.10.	540	60
	Schweinegülle (TS)	5.3.	540	60
	NAC	15.4.	150	40
Sojabohne	Keine Düngung			
TS...Trockensubstanz				

Ergebnisse

Grundsätzlich lag die Hauptarbeit in der Bereitstellung eines anwenderfreundlichen Beratungsinstrumentes. Zur Darstellung einiger Ergebnisse wurden mit den vorgegebenen Fruchtfolgen in den drei Regionen flächenhafte Simulationen durchgeführt. Es wurden drei Szenarien über jeweils 25 Jahre (1986 bis 2010) auf Jahresbasis simuliert. Das Erste soll die vorgegebenen Fruchtfolgen mit einer ortsüblichen Stickstoffdüngung wiedergeben, das Zweite eine Simulation mit einer um etwa 10 % geringeren Düngeaufwandmenge und das Dritte eine Simulation mit noch geringeren Stickstoffgaben (ca. 15 %).

Auf Basis dieser Fruchtfolgen wurden für die jeweiligen Regionen die Erträge, die Sickerwassermengen und die Stickstoffausträge in Abhängigkeit der unterschiedlichen Klima- und Bodenverhältnisse simuliert. Die Ergebnisse der Simulationen dürfen aber keinesfalls als ein Abbild von aktuellen Situationen betrachtet werden, da dazu die entsprechenden flächenbezogenen Fruchtfolgen und Düngergaben nicht erhoben wurden.

Die durchschnittlichen Erträge von Körnermais, Winterweizen, Sojabohne und Kürbis samt Schwankungen sind in der *Tabelle 4* dargestellt. Die erzielten simulierten Erträge spiegeln in etwa die tatsächlichen Ertragszahlen unter Einbindung der aktuellen Erntefeuchte wider. Alle Ertragswerte beziehen sich auf Trockensubstanz (TS). Grundsätzlich ist eine klare Abhängigkeit der Erträge von den Bodenverhältnissen ersichtlich. Je besser der Boden hinsichtlich des Wasserspeichervermögens und der organischen Substanz ist, desto höhere Erträge sind bei ausschließlich natürlichem Niederschlagsangebot zu erwarten. Die Änderung der Düngermenge wirkt sich bei den schlechten Böden am prägnantesten aus.

Körnermais wird in allen Regionen angebaut. Beim Kornertrag konnten im Schnitt ca. 11 t/ha Trockensubstanz erreicht werden. Auf schlechten Böden lagen diese bei ca. 6,5 t/ha und konnten bei guten Böden bis ca. 12 t/ha ansteigen. In der Grazer Region waren die Erträge am geringsten, im Unteren Mur- tal am höchsten. Winterweizen lieferte durchschnittliche Erträge von ca. 5,5 t/ha mit Schwankungen zwischen ca. 2,6 und 6,4 t/ha. Die höchsten Erträge wurden im Unteren Mur-

Tabelle 4: Durchschnittliche Erträge mit Schwankungen in tTS/ha für die Kulturen Körnermais, Winterweizen, Sojabohne und Kürbis.

Erträge in tTS/ha	Graz	Leibnitz	Unteres Mur- tural
Düngevariante A			
Körnermais mittel	9,7	10,1	10,7
von/bis	6,3 bis 12,1	7,1 bis 11,3	7,2 bis 11,9
Winterweizen mittel	4,8	4,8	5,8
von/bis	2,6 bis 5,8	3,2 bis 5,7	3,6 bis 6,4
Kürbis mittel		0,5	0,6
von/bis		0,3 bis 0,6	0,4 bis 0,6
Sojabohne mittel			2,9
von/bis			1,8 bis 3,2
Düngevariante B			
Körnermais mittel	9,6	10,1	10,6
von/bis	5,9 bis 11,6	6,3 bis 11,5	7,0 bis 11,8
Winterweizen mittel	4,9	4,8	5,6
von/bis	2,6 bis 5,9	1,6 bis 5,8	3,5 bis 6,4
Kürbis mittel		0,5	0,6
von/bis		0,4 bis 0,6	0,4 bis 0,6
Sojabohne mittel			2,9
von/bis			1,8 bis 3,2
Düngevariante C			
Körnermais mittel	9,4	9,6	10,6
von/bis	6,2 bis 11,9	6,8 bis 10,9	7,1 bis 11,8
Winterweizen mittel	4,7	4,6	5,6
von/bis	2,7 bis 5,8	3,1 bis 5,5	3,6 bis 6,4
Kürbis mittel		0,5	0,6
von/bis		0,3 bis 0,6	0,4 bis 0,6
Sojabohne mittel			2,9
von/bis			1,8 bis 3,2

tal erzielt. Ölkürbis erzielte Erträge von 0,3 bis 0,7 t/ha. Im Mittel ergaben sich rd. 0,55 t/ha. Die nicht gedüngte Sojabohne wurde nur im Unteren Mur- tal angebaut und erreichte Erträge zwischen 1,8 bis 3,2 mit durchschnittlichen 2,9 t/ha. Die sehr niedrigen Erträge von allen Kulturen sind auf ein Zusammentreffen von schlechter Niederschlagsverteilung und ungünstigen Bodenverhältnissen zurückzuführen.

Für die um ca. 10 % (B) und 15 % (C) reduzierten Düngergaben in den Fruchtfolgen ergaben sich nur geringfügig geringere Erträge.

In den untersuchten drei Regionen kann von einer durchschnittlichen Sickerwassermenge von rd. 300 mm ausgegangen werden. Im Grazer Feld ergab sich für alle ermittelten Fruchtfolgen eine durchschnittliche Sickerwassermenge von rd. 245 mm mit bodenabhängigen Schwankungen zwischen 150 bis 450 mm. Eine Beeinflussung durch die verringerten Düngergaben ist nicht feststellbar. Im Leibnitzer Feld ergab sich mit rd. 345 mm eine um 100 mm höhere durchschnittliche Sickerwassermenge als im Grazer Feld. Die bodenabhängigen Schwankungen bewegen sich zwischen 205 bis 642 mm. Im Unteren Mur- tal betragen die durchschnittlichen Sickerwassermengen 298 mm und schwanken zwischen 168 und 500 mm.

Der Stickstoffaustrag kann durchschnittlich mit rd. 40 kg/ha für die Düngevariante A angenommen werden. Bei einer um rd. 10 % geringeren Stickstoffdüngung (Variante B) beträgt der durchschnittliche Austrag rd. 35 kg/ha. Variante

Tabelle 5: Durchschnittliche Sickerwassermengen, Stickstoffausträge und Nitratkonzentrationen im Sickerwasser unterhalb der simulierten landwirtschaftlichen Nutzflächen.

	Graz	Leibnitz	Unteres Murtal
Fläche in ha	6996,7	7687,8	13615
Düngervariante A			
Sickerwasser in mm	246	345	298
von/bis	149 bis 450	205 bis 642	168 bis 500
Stickstoffaustrag in kg/ha	24,6	51,8	47,3
von/bis	1,9 bis 191,6	4,4 bis 181,6	18,2 bis 108,5
Nitratkonzentration in mg/l	39	59	66
von/bis	6 bis 205	8 bis 137	29 bis 135
Düngervariante B			
Sickerwasser in mm	246	345	298
von/bis	148 bis 450	205 bis 642	168 bis 500
Stickstoffaustrag in kg/ha	26,6	41,6	36,6
von/bis	2,0 bis 203,3	5,1 bis 160,8	13,3 bis 92,5
Nitratkonzentration in mg/l	42	47	50
von/bis	7 bis 217	9 bis 118	25 bis 109
Düngervariante C			
Sickerwasser in mm	247	346	298
von/bis	149 bis 450	206 bis 642	168 bis 500
Stickstoffaustrag in kg/ha	19,4	39,7	35
von/bis	1,6 bis 171,5	3,7 bis 150,6	14,3 bis 87,4
Nitratkonzentration in mg/l	30	45	48
von/bis	6 bis 184	7 bis 114	24 bis 104

C mit 15 % geringerer Stickstoffdüngung lieferte rd. 31 kg/ha. Die höchsten Stickstoffausträge wurden im Leibnitzer Feld, die geringsten in der Grazer Region festgestellt. Von den Einflussparametern abhängig wurden Werte zwischen 1,6 und 203,3 kg/ha ermittelt. Details können *Tabelle 5* entnommen werden.

Aus Stickstoffaustrag und Sickerwassermenge wurden die Nitratkonzentrationen unterhalb der Wurzelzone ermittelt. Für die Düngevariante A wurden 55 mg/l, für Variante B 46 mg/l und für Variante C von 41 mg/l berechnet. Bodenabhängig bewegen sich die Werte zwischen 6 und 217 mg/l. Die geringsten Konzentrationen konnten im Grazer Feld, die höchsten im Unteren Murtal festgestellt werden (*Tabelle 5*).

Für die Beratungstätigkeit können für alle gewählten Fruchtfolgen Standortbezogen (bzw. Schlagbezogen) diese Auswirkungen direkt mit dem betroffenen Landwirt diskutiert und Optimierungen in der Bewirtschaftung gefunden werden.

Aus diesen großflächigen Simulationen dürfen keine Rückschlüsse für tatsächlich auftretende Messergebnisse (etwa im Grundwasser) geschlossen werden, da die ausgewählten Fruchtfolgen nicht den tatsächlichen entsprechen. Für die vorliegenden Fruchtfolgen mit unterschiedlichen Stickstoffgaben sind jedoch Unterschiede in den Erträgen und den damit zusammenhängenden Stickstoffausträgen klar zu sehen. Spezielle Betrachtungen einzelner Fruchtfolgen und Bodenformen in Abhängigkeit der jährlich wechselnden Klimaverhältnisse sind mit Hilfe der vorliegenden Softwareanwendung jederzeit möglich und können rasch durchgeführt werden. Mit Hilfe dieses Beratungswerkzeuges können sowohl bereits stattgefundene Bewirtschaftungen konkret

nachvollzogen als auch Empfehlungen für zukünftige Bewirtschaftungen erarbeitet werden.

Literatur

- BAUMER, O.W., 1989: Predicting Unsaturated Hydraulic Parameters. In: van GENUCHTEN M.Th., LEIJ F.J.. Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils. Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, October 11-13, Riverside, California.
- BEICHLER, A., A. BERNSTEINER und J. MAßWOHL, 2012: Bewusstseinsbildende Maßnahmen für einen nachhaltigen Grundwasserschutz am Beispiel der Feldkapazität als wesentlichen Parameter für die Düngeberatung. In: 3. Umweltökologisches Symposium 2012, 111-116.
- BUNDESMINISTERIUM FÜR LAND- UND FORSTWIRTSCHAFT: Hydrographisches Jahrbuch. Hydrographisches Zentralbüro 1982-1996, Wien.
- BMLFUW, 2013: Auszug aus der Österreichischen Bodenkartierung. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Bundesforschungs- und Ausbildungszentrum für Wald, Naturgefahren und Landschaft, Wien.
- QZV Chemie GW, 2010: Verordnung des Bundesministers für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft über den guten chemischen Zustand des Grundwassers (Qualitätszielverordnung Chemie Grundwasser – QZV Chemie GW).
- SHARPLEY, A.N. and J.R. WILLIAMS, (eds), 1990: EPIC-erosion/productivity impact calculator, model documentation. US Dep. Agric. Tech. Bull. 1768.
- VAN GENUCHTEN, M.T., 1992: Indirect methods for estimating the hydraulic properties of unsaturated soils. Proceedings of the International Workshop on Indirect Methods for Estimating the Hydraulic Properties of Unsaturated Soils, October 11-13 1989, Riverside, Univ. of California.
- WAKONIGG, H., 1978: Witterung und Klima in der Steiermark – Arbeiten aus dem Institut für Geographie, Graz.
- WILLIAMS, J.R., 1986: Effect of erosion productivity EPIC water erosion model. Proc. 4th Fed. Interagency Sediment Conf. Vol. 2 6/1-6/8.