

(Aus dem Institut für Geologie der Universität Wien)

Der Einfluß der Schneeschmelze auf den Bodenabtrag – Ein Rechenmodell zur Quantifizierung des zu erwartenden Bodenabtrages unter Berücksichtigung der Schneeschmelze

Von G. BLÜHBERGER

(Mit 1 Abbildung)

Zusammenfassung

Mit Hilfe der nachfolgenden Berechnungen kann der bisher nur sporadisch angewendete Tau- und Schmelzwasserfaktor R_w realistischer bewertet werden. Dadurch ist es möglich, den R_w -Faktor in die Österreichische Bodenabtragsgleichung ÖBAG zur Berechnung des Bodenabtrages in t/ha/a für Gebiete in durchschnittlichen Höhenlagen mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung zu integrieren.

Darüber hinaus wird eine Methode vorgestellt, die es ermöglicht, die Niederschlagsfaktor-Summenprozentverteilung während des gesamten Jahres der durchschnittlichen österreichischen Niederschlagsverteilung unter Berücksichtigung der Schneeschmelze in den Monaten Februar bis Mai anzupassen, soweit es sich nicht um alpine Räume mit später einsetzender Schneeschmelze handelt.

Schlüsselworte: Schneebedeckung, ÖBAG – Österreichische Bodenabtragsgleichung, R_v -Summenprozentverteilung, Schneeschmelzefaktor, Flußwassertemperatur.

The influence of snowmelt on soil loss – A calculation model to compute the soil loss in view of the influence of snowmelt

Summary

The hitherto scarcely used thaw- and snowmeltfactor R_w may be taken into account more realistically by means of the following calculation model. Consequently it is possible to include the R_w factor into the Austrian Soil Loss Equation to compute the soil loss in t/ha/a for medium altitude areas with intense agricultural using.

In addition a method is presented enabling a fit to the Austrian precipitation average by the annual R_v distribution, taking into account snowmelt during February to May unless alpine regions with delayed snowmelt are concerned.

Key-words: snowcover, ÖBAG – Austrian Soil Loss Equation, percentage of annual Rv-distribution, snowmeltfactor, temperature of rivers.

1. Einleitung

Die unterschiedlichen klimatischen Einflüsse und Niederschlagsverhältnisse in Österreich gegenüber Bayern erforderten eine Anpassung der Allgemeinen Bodenabtragungsgleichung (ABAG). Anhand der Daten im Hydrographischen Jahrbuch und der von KREBS und SCHIMPF (1965) durchgeführten Starkregeneruntersuchungen wurde eine Regressionsgleichung für die Berechnung des R-Faktors im Rahmen der Österreichischen Bodenabtragungsgleichung (ÖBAG) entwickelt. Die für den Entwurf einer Isoerodentenkarte (BLÜHBERGER und KLAGHOFER 1992) erforderlichen Werte und Isolinien wurden mit Hilfe dieser Regressionsgleichung und der Klimatypenkarte aus dem Atlas für Österreich (BOBEK et al. 1971) ermittelt. In dem vorliegenden Beitrag findet nun auch der Einfluß der Schneeschmelze bei der Berechnung des Bodenabtrages eine entsprechende Berücksichtigung.

2. Die Berechnung des Bodenabtrages in der ABAG

Die von WISCHMEIER und SMITH (1978) entwickelte Universal Soil Loss Equation erfordert die Bestimmung von sechs Faktoren zur Berechnung des Bodenabtrages: $A=R \cdot K \cdot L \cdot S \cdot C \cdot P$. Diese sechs Faktoren wurden von der ABAG (SCHWERTMANN et al. 1987) übernommen und für mitteleuropäische Verhältnisse modifiziert. Für die nachfolgenden Ausführungen sind vor allem der Niederschlags- und Abflußfaktor R und der Vegetationsfaktor C von Bedeutung. Der Faktor R repräsentiert die gebietspezifische Auswirkung der kinetischen Energie des Aufschlages der Regentropfen und des Oberflächenabflusses. Der Faktor C ergibt sich durch Summierung der Produkte aus der prozentuellen Häufigkeitsverteilung des Faktors R im Laufe eines Jahres und den Bodenverlustwerten während sechs spezifizierter Kulturperioden: Bodenbearbeitung, Saat, Bodenbedeckung bis 10 %, bis 50 %, bis 75 % und Ernte.

Der Tau- und Schneeschmelzefaktor R_s ist ein Subfaktor des Faktors R. In der ABAG berechnet man seinen Wert durch Multiplikation der addierten Niederschlagshöhe der Monate Dezember bis einschließlich März mit 0,1. Es handelt sich dabei um einen statistischen Wert, der als Subfaktor zum Niederschlagsfaktor R hinzugezählt werden soll. Damit würde jedoch die Wirksamkeit des sich ausschließlich während einer begrenzten Zeitperiode auswirkenden Faktors R_s bei der Berechnung des Faktors C durch die prozentuelle Häufigkeitsverteilung des Faktors R auf die einzelnen Kulturperioden des gesamten Jahres verteilt werden. Wird der Faktor R als Einzelwert zur Beurteilung eines Gebietes herangezogen, kann die Zuzählung des Subfaktors R_s zielführend sein. Bei der Ermittlung des Vegetationsfaktors C wirkt sich der lediglich für die Zeit der Schneeschmelze geltende Subfaktor verfälschend aus. Dies entspricht jedoch kaum den tatsächlichen Gegebenheiten, so daß man in der Praxis durchwegs auf die Zuzählung verzichtet. Die erosive Wirkung des Schmelzwassers bleibt somit in der Zeit mit der geringsten Bodenbedeckung unberücksichtigt. Selbst in Waldgebieten, in denen sich Flächenerosion nur schwer nachweisen läßt, konnte man beispielsweise auf Versuchspartzellen im Raum Tegernsee feststellen, daß Erosionserscheinungen an der Bodenoberfläche höchstens zur Zeit der Schneeschmelze auftreten. Man muß daher davon ausgehen, daß die Erosion im Brachland um ein Vielfaches höher ist. Nach einer

mündlichen Aussage von AUERSWALD (1993) liegen jedoch über die Auswirkungen der Schneeschmelze noch keine Untersuchungsergebnisse vor. Inzwischen sind auch Isoerodentenkarten von Deutschland auf Basis modifizierter Regressionsgleichungen erschienen (SAUERBORN 1992, 1994).

3. Die Österreichische Bodenabtragungsgleichung ÖBAG

In der österreichischen Bodenabtragungsgleichung ÖBAG (BLÜHBERGER 1992 a, 1992 b, 1993) wurde eine Regressionsgleichung für die Berechnung des Faktors ausgearbeitet, welche die österreichischen Niederschlagsverhältnisse besser berücksichtigt. Ausgangspunkt für die Abänderung ist das frühere Einsetzen der Frühjahrsniederschläge im April und ein Niederschlagsminimum im Oktober. Die Formel für die Berechnung des Niederschlagsfaktors R_v lautet:

$$R_v = 0,141 \cdot VNS - 5,18 + 90 \% TN$$

R_v : Niederschlagsfaktor, bezogen auf die Vegetationszeit
 VNS : Summe der Niederschläge in mm in den Monaten der Vegetationszeit von April bis einschließlich September
 $90 \% TN$: 90 %-Tagesniederschlag in cm, der von den bis 1964 beobachteten Jahreshöchstwerten in 90 % aller Fälle erreicht bzw. überschritten wurde (KREBS und SCHIMPF 1965).

Für den 90 %-Tagesniederschlag stehen Werte von 713 Meßstellen aus ganz Österreich zur Verfügung. Die Werte liegen zwischen 19 mm in St. Marienkirchen und 66 mm in Altaussee-Salzberg. Sie stellen ein Maß für das Auftreten von Starkregen im Bereich der einzelnen Meßstellen dar. Die Einbeziehung des 90 % TN in die Regressionsgleichung erbrachte R_v -Werte, die – soweit Vergleichswerte aus einer Untersuchung von MISCHÉK (1993) vorliegen – in den 95%igen Vertrauensbereich der im Rahmen dieser Untersuchung ermittelten $R_{veg-o.Ex.}$ -Faktoren fallen.

Um die Vergleichbarkeit mit den Werten der USLE und ABAG aufrecht zu erhalten, erfordert die Verschiebung des Zeitraums um einen Monat für den Faktor R_v auch eine Verschiebung des Zeitraums für den Schmelzwasserfaktor, da zwischen den beiden Perioden ein Übergangsmontat, der nicht unter die Auswertung fällt, erhalten bleiben soll. In der ÖBAG werden daher die Niederschläge der Monate November bis Februar ausgewertet. Die Niederschlagssumme wird, so wie in der ABAG, mit 0,1 multipliziert. Um Verwechslungen zu vermeiden, wurde für den Schmelzwasserfaktor die Bezeichnung R_w (w =Winter) gewählt.

Trotz der Anpassung an die österreichischen Niederschlagsverhältnisse bestehen jedoch Bedenken bezüglich der Bewertung und Anwendbarkeit des Schmelz-

Tabelle 1

Durchschnittliche Schneebedeckung ausgewählter österreichischer Standorte in Tagen¹

Station	Tg	Station	Tg	Station	Tg
Hohenems	69	Freistadt	87	Tamsweg	85
Schruns	82	Wels	82	Zeltweg	64
Ötz	59	Amstetten	66	Mürzzuschlag	87
Innsbruck	55	Zwettl	79	Eibiswald	65
Kufstein	80	Maissau	68	Lienz	90
Hallein	69	Wolkersdorf	65	Villach	85
Mattsee	77	Eisenstadt	57	St. Veit/Glan	65
Haag/Hausr.	78	Oberwart	43	Klagenfurt	69

¹ Geordnet nach der Reihung im Hydrographischen Jahrbuch.

wasserfaktors R_w in der bisher üblichen Form. Die vier Monate, November bis Februar, entsprechen einem Zeitraum von 120 Tagen. Im Gegensatz dazu beträgt die durchschnittliche Schneebedeckung in den österreichischen Gebieten durchschnittlicher Höhenlage mit intensiver landwirtschaftlicher Nutzung maximal 90 Tage. Einige Beispiele sollen dies dokumentieren (Tabelle 1).

In Österreich beträgt der Mittelwert aller R_v -Faktoren 86. Würde man den Schmelzwasserfaktor R_w nach der in der ABAG angewendeten Vorschrift berechnen, erhielte man für Österreich einen Mittelwert von 25. Bei der Addition beider Werte ergäbe sich somit ein Gesamtwert von 111. Der Schmelzwasserfaktor R_w wäre dadurch mit einem Anteil von 22,5 % im Gesamtwert enthalten.

Im Gegensatz dazu entfällt auf die maximal 90 Tage mit Schneebedeckung nur 18,1 % (Dezember bis Februar) bzw. 19,5 % (November bis Jänner) des gesamten Jahresniederschlages. Der Mittelwert der beiden Varianten liegt bei 18,8 %. Wenn der Mittelwert aus den Monaten Dezember und Jänner sowie aus den halben Anteilen der Monate November und Februar berechnet wird, beträgt der Anteil am Jahresniederschlag 18,7 % (186 mm von 993 mm). Die Berechnung des Schmelzwasserfaktors R_w nach der ABAG liefert demnach in beiden Fällen überschätzte Werte.

4. Modifikation der ÖBAG unter Einbeziehung der Schneeschmelze

4.1 Wasserabfluß und Wassertemperatur der Flüsse

Die Beobachtung des Wasserabflusses und der Wassertemperatur der Flüsse lassen Rückschlüsse auf die Schneeschmelze zu. Ein verstärkter Wasserabfluß weist auf die beginnende Schneeschmelze, ebenso auch der Anstieg der Wassertemperaturen. Alle dazu erforderlichen Daten sind in den Hydrographischen Jahrbüchern enthalten. Der Vergleich der Summenprozentkurven des Niederschlages und des Abflusses ermöglicht einen guten Überblick über die Situation in den Wintermonaten. Die nachfolgenden Daten basieren auf den Mittelwerten der Jahre 1971 bis 1990 (Niederschlag) und 1976 bis 1980 (Abfluß/Temp.). Da sich jedoch der Dezember innerhalb einer Zeitreihe befindet, wurden die Werte der Monate Oktober und November als Summenprozent im Minusbereich ausgewiesen.

Tabelle 2

Summenprozentverteilung des Niederschlages, des Niederschlagsfaktors und Abflusses in Österreich

Summen-%	Okt.	Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Mai
Niederschlag gesamt	-13,6	-6,4	0,0	5,8	11,6	18,0	25,4	34,6
Niederschlag Faktor R_v *	- 2,5	-1,0	0,0	0,08	0,57	1,33	4,7	14,8
Abfluß gesamt**	-10,9	-5,6	0,0	4,6	9,8	17,0	25,5	38,4

* Diese Werte entsprechen der Berechnung nach der ABAG, wurden jedoch der österreichischen Niederschlagskurve angepaßt.

** Diese Werte wurden durch Hochrechnung aus den mittleren Abflußdaten der 33 nachgenannten österreichischen Flüsse in m^3/sek errechnet. Die Summe der monatlichen Abflußmittelwerte weicht vom 12fachen Jahresmittelwert nur um 0,01 % ab. Die prozentuelle Verteilung kann daher als ausreichend repräsentativ bezeichnet werden.

Die Wassertemperatur der Flüsse läßt sich nicht summieren, daher können in diesem Falle nur die Mittelwerte einiger ausgewählter Flüsse für die weiteren Ausführungen herangezogen werden. Zum besseren Überblick erfolgte zusätzlich noch eine regionale Unterteilung in acht Flüsse aus Westösterreich, vier nördlich der Donau, acht südlich der Donau, sechs aus Ostösterreich und sechs aus Südösterreich sowie die Donau.

Tabelle 3

33 Gewässer, deren Abfluß- und Temperaturdaten für die Berechnung der Rv-Summenprozentwerte herangezogen wurden

Gewässer	Meßstation	Seehöhe m	km ² Einz.G.
Ill	Feldkirch	456	1276,7
Bregenzerach	Kennelbach	423	826,3
Öztaler Ache	Tumpen	924	790,5
Sill	Innsbruck	569	854,4
Inn	Kirchbichl	485	9310,0
Lammer	Obergäu	471	394,5
Salzach	Salzburg	408	4425,7
Saalach	Siezenheim	417	1139,1
Große Mühl	Teufelsmühle	461	452,2
Waldaist	Pfahnmühle	323	266,1
Kamp	Rosenburg	262	1150,2
Thaya	Raabs	395	1405,8
Mattig	Jahrsdorf	350	448,7
Aschach	Kropfmühle	350	312,5
Traun	Ebensee	422	1257,6
Krems	Kremsdorf	270	363,5
Steyr	Pergern	302	898,1
Enns	Steyr	284	5915,4
Ybbs	Greimpersdorf	262	1116,6
Erlauf	Niederndorf	225	595,3
March	Angern	140	25623,8
Schwechat	Schwechat	156	1028,9
Piesting	Ebreichsdorf	196	323,3
Fischa	Fischamend	152	534,9
Leitha	Dt. Brodersdorf	194	1598,9
Raab	Feldbach	275	689,4
Mürz	Kapfenberg	486	1364,5
Mur	Graz	343	6988,9
Drau	Sachsenburg	555	2561,4
Gail	Federaun	500	1304,9
Gurk	Gumisch	394	2555,4
Lavant	Krottendorf	354	954,5
Donau	Wien	154	101731,0

Aus den monatlichen Temperaturmittelwerten der Jahre 1976 bis 1980 der in Tabelle 3 angeführten Flüsse wurden nun die Temperaturdifferenzen ausgerechnet.

Tabelle 4

Mittlere Temperatur von 33 österreichischen Flüssen

	Okt.	Nov.	Dez.	Jan.	Feb.	März	April	Mai
°Celsius	9,4	4,7	4,0	1,3	2,1	4,6	7,9	11,0
Abfall/Anstieg	+/-	-4,7	-0,7	-2,7	+0,8	+2,5	+3,3	+3,1

Bei Durchsicht der Tabelle 2 fällt auf:

- Der Faktor Rv liegt in den ersten Monaten des Jahres extrem weit unterhalb der Werte für den monatlichen Niederschlag.
- Die monatlichen Abflußwerte liegen bis inklusive März unter, im April gleich und erst im Mai über den Niederschlagswerten.

Aus der Tabelle 4 ersieht man:

- In den Monaten März und April ist ein deutlicher Temperaturanstieg der Gewässer festzustellen.

Das erste auffallende Merkmal hängt mit den Niederschlagsverhältnissen in den Wintermonaten (Schneefall) zusammen. Auch die zweite Aussage weist darauf hin, daß bis zum Monat April weniger abfließt, als aufgrund der anteilmäßigen Niederschläge zu erwarten wäre. Der Temperaturverlauf zeigt an, daß erst mit dem deutlichen Temperaturanstieg im April ein Großteil der Schmelzwässer abgeflossen ist. Die Schneeschmelze darf also keinesfalls vernachlässigt werden. In den Jahren 1971 bis 1980 entfielen in Österreich von der mittleren Jahressumme vom 976 mm 62,7 % auf die Monate April bis September und 23,9 % auf die Monate November bis Februar. Dies entspricht etwa einem Viertel des Gesamtniederschlags.

Die österreichischen Mittelwerte vermitteln nur einen ungenügenden Überblick über die Wassertemperaturen der Flüsse in den einzelnen Einzugsgebieten. Die nachfolgende gruppenweise Zusammenfassung von Flüssen dokumentiert die Unterschiede in den einzelnen Gebieten. In der Tabelle 5 wurde daher der Abfall und Anstieg δT der mittleren Wassertemperatur von 33 Flüssen in Österreich in den einzelnen Einzugsgebieten und von drei sehr unterschiedlichen Flüssen dargestellt.

Tabelle 5

Abfall und Anstieg der Temperatur von 33 ausgewählten österreichischen Gewässern

		Nov.	Dez.	Jän.	Feb.	März	April	Mai
Österreich gesamt	δT	-4,7	-0,7	-2,7	+0,8	+2,5	+3,3	+3,1
Westösterreich	δT	-4,1	-0,4	-2,3	+1,0	+2,0	+2,0	+1,8
nördl. der Donau	δT	-9,5	-0,3	-2,2	+0,1	+1,4	+4,8	+5,4
südl. der Donau	δT	-4,7	-0,1	-3,5	+1,3	+3,0	+3,4	+3,9
Ostösterreich	δT	-4,9	-0,5	-4,1	+0,6	+3,0	+4,8	+3,7
Südösterreich	δT	-4,4	-1,8	-1,0	+0,7	+2,4	-2,0	+1,7
Öztaler Ache	δT	-4,0	-0,5	-0,9	+0,6	+2,0	+3,1	+1,4
Ybbs	δT	-5,3	-0,2	-4,6	+1,4	+3,3	+3,5	+4,3
Donau	δT	-6,9	-1,4	-4,0	+0,6	+3,4	+5,3	+3,1

Die gruppenweise Zusammenfassung der Flüsse erlaubt einen treffenden Überblick über den Temperaturverlauf. Auffallend ist das starke Absinken der Werte nördlich der Donau im November und der Anstieg in den Monaten April und Mai. Im Gegensatz dazu sinkt die Temperatur der Flüsse in Südösterreich, im Vergleich zu jener der übrigen Gewässer, bereits im Dezember stärker ab. Besonders auffallend ist jedoch die Temperatursenkung im April. Die Öztaler Ache repräsentiert einen Gebirgsfluß, die Ybbs einen aus den Voralpen. Die österreichischen Mittelwerte liegen erwartungsgemäß zwischen den Werten der beiden Flüsse. Dies trifft jedoch nicht auf die Donau zu. Obwohl alle Flüsse aus Westösterreich und die nördlich und südlich der Donau zufließenden Gewässer in diese münden, entspricht ihre Temperaturentwicklung nicht den Mittelwerten aus den drei angeführten Gebieten. Hier dürften sich doch industrielle Einflüsse stärker bemerkbar machen. Für eine Auswertung kann man die Mittelwerte aller 33 Flüsse heranziehen. Für detaillierte Untersuchungen in einzelnen Gebieten ist eine gebietsweise Erfassung der Daten erforderlich.

Einen guten Überblick über die Temperaturentwicklung vermittelt eine Zusammenfassung der Wassertemperaturen in acht Gruppen. Die siebente und

achte Gruppe wird in der nachfolgenden Tabelle nicht angeführt, da ihre Werte keine wesentliche Aussagekraft mehr haben und in ihnen keine Maxima vorkommen. Informativ sind jedoch die Mittelwerte dieser acht Gruppen und die zugehörigen Standardabweichungen. Die Zahlen geben die jeweilige Anzahl der Flüsse – von den insgesamt 33 Gewässern – in der betreffenden Gruppe an. Die Maxima sind in Fettdruck hervorgehoben.

Tabelle 6

Wassertemperaturgruppen in °Celsius

Monat	<1,0	1,1-3,0	3,1-5,0	5,1-7,5	7,6-10,0	10,1-12,5	Mittelwert	Abw.
Okt.				3	18	10	5,3	0,7
Nov.		5	13	14	1		3,3	0,8
Dez.	1	6	19	7			3,0	0,7
Jan.	17	14	1	1			1,6	0,7
Feb.	8	18	6	1			2,0	0,8
März	1	5	16	10	1		3,2	0,8
April			1	15	13	3	4,6	0,8
Mai				3	12	7	5,9	1,2

Bei den Temperaturmaxima kann man von einer erwartungsgemäßen Verteilung sprechen. Die Abweichungen von den Mittelwerten sind sehr gering. Die Temperaturen über 12,5 °C sind nicht ausgewiesen. Im Mai gehören eine größere Anzahl von Flüssen diesen Temperaturgruppen an. In diesem Monat ist die Standardabweichung entsprechend der größeren Streuung am höchsten.

Durch die vorliegenden Unterlagen kann die erosive Wirkung der Schneeschmelze zwar nicht exakt nachgewiesen werden. Es liegen jedoch Erfahrungswerte vor, die einen Rückschluß auf derartige Vorgänge zulassen. Durch die starke Sättigung des Bodens während des Winters kommt es mit Beginn der Schneeschmelze zu einem stärkeren Oberflächenabfluß. Selbst geringfügige Niederschläge können während dieses Zeitraumes nicht mehr vom Boden aufgenommen werden. Sobald es jedoch zu einem Oberflächenabfluß kommt, ist mit Rillen- und Rinnenerosionen und damit auch mit einem verstärkten Bodenabtrag zu rechnen. Um bis zum Vorliegen von in Feldversuchen zu ermittelnden genauen Meßdaten die Auswirkung der Schneeschmelze in die Österreichische Bodenabtragungsgleichung einbeziehen zu können, ist der Versuch einer Anpassung wie folgt möglich.

4.2 Maßnahmen zur Einbeziehung der Schneeschmelze in die ÖBAG

1. Im Rahmen der ÖBAG sollte die Berechnung des Schmelzwasserfaktors auf Basis der Niederschläge von drei statt vier Monaten, und zwar halber November, Dezember, Jänner und halber Februar, erfolgen. Die Summe dieser drei Monate umfassenden Niederschläge wird, wie in den Bodenabtragungsgleichungen vorgesehen, mit 0,1 multipliziert und ergibt damit den Subfaktor R_w .

Der mittlere Schmelzwasserfaktor R_w für Österreich beträgt nach dieser Methode: $(36,0 + 63,3 + 57,8 + 28,7) \cdot 0,1 = 18,6$ und der Anteil am Gesamtfaktor ($R_v + R_w$): $18,6 \cdot 100 / (86 + 18,6) = 17,8$ %. Nach der gleichen Methode kann der R_w -Faktor von jeder einzelnen Station und von jedem Gebiet berechnet werden. Er liegt im Schnitt etwa 25 % unter dem R_s -Faktor der ABAG.

2. Aus den in den Tabellen 5 und 6 gezeigten Wassertemperaturstatistiken ist ersichtlich, daß der Temperaturanstieg im Februar einsetzt und erst im Mai ab-

flacht. Durch den bewußten Verzicht auf die Einbeziehung absoluter Temperaturen in den Rechenprozeß konnten die Einflüsse unterschiedlicher Höhenlagen minimiert werden. Der nächste Berechnungsvorgang muß daher den anteilmäßigen Schmelzwasserabfluß am Gesamtabfluß erfassen. Es wird angenommen, daß das Schmelzwasser proportional zum Temperaturanstieg der Gewässer abfließt. Daher ergibt sich folgende Berechnung:

Tabelle 7

Mittlerer Abfluß und Temperaturanstieg von Februar bis Mai

	Feb.	März	April	Mai	Summe
Monatlicher Abfluß in %	5,2	7,2	8,5	12,9	
Temperaturanstieg in °C	0,8	2,5	3,3	3,1	
Temperaturanstieg in %	15,4	34,7	38,8	24,0	112,9

Das Verhältnis des monatlichen Abflusses in Prozent zum Temperaturanstieg in °C kann nunmehr als Prozentsatz ausgedrückt werden, wenn der jeweilige Abflußwert mit 100 gleichgesetzt wird. Es ergibt sich somit z. B. für Februar ein Temperaturanstieg, in Prozent ausgedrückt, von: $0,8 \cdot 100 / 5,2 = 15,38$.

3. Die Summe der Temperaturanstiege in Prozent ergibt im vorliegenden Fall 112,9 %. Im Gegensatz dazu ist der Subfaktor R_w nur mit 17,8 % am gesamten Niederschlags- und Abflußfaktor ($R_v + R_w$) beteiligt. Die einzelnen Monatswerte des Temperaturanstieges in Prozent müssen daher nun ebenfalls im Verhältnis der Prozentsumme des Temperaturanstieges von 112,9 % zum vorher berechneten Anteil des Subfaktors R_w am Gesamtfaktor von 17,8 % reduziert werden. Durch die Multiplikation der in Tabelle 7 berechneten Werte des Temperaturanstieges in Prozent mit der Verhältniszahl $17,8/112,9 (= 0,15766)$ erhält man die monatliche R_w -Verteilung, die in der Summe dem unter 1. berechneten prozentuellen R_w -Wert von 17,8 % entspricht. Diese Werte werden nun zu den von der ABAG übernommenen und den österreichischen Niederschlagsverhältnissen angepaßten Werten der Summenprozente der monatlichen Faktor R_v -Anteile addiert. Die so erhaltenen Werte ergeben die endgültige R_v -Verteilung in Österreich.

Tabelle 8

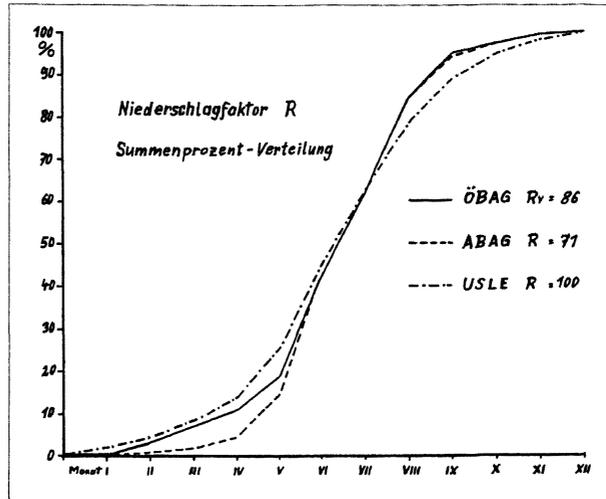
Berechnung der korrigierten R_v -Summenprozentwerte

	Jän.	Feb.	März	April	Mai	Juni	ΣR_w
R_v -Summenprozente	0,08	0,57	1,33	4,7	14,8	44,5	-
R_w -Anteile in Prozent	-	2,42	5,48	6,1	3,8	-	17,8
R_v -Summenprozente + integr. R_w -Anteil	0,08	2,99	6,81	10,8	18,6	44,5	-
R_v -Summenprozente	Juli 63,9	Aug. 86,3	Sept. 95,3	Okt. 97,6	Nov. 99,1	Dez. 100	-

Mit dieser R_v -Summenprozentverteilung liegen die neuen Werte in einer Größenordnung, die im Vergleich zur R-Faktor-Verteilungskurve der ABAG in Bayern den Niederschlagsverhältnissen in Österreich unter Einbeziehung des Oberflächenabflusses während der Schneeschmelze besser entspricht (BLÜHBERGER 1994).

In der nachfolgenden Graphik ist vergleichsweise die R-Faktor-Verteilungskurve der ABAG in Bayern und der USLE in Illinois und Indiana mit einem

Abb. 1: Summenprozentverteilungskurve des Niederschlagsfaktors R von Österreich (ÖBAG mit R_w -Korrektur), Bayern (ABAG) und Illinois/Indiana (USLE).



etwas höheren Niederschlagsfaktor R angeführt. Dadurch ist ein Vergleich mit einem Gebiet wie Bayern und einem Gebiet mit höheren erosiven Niederschlägen möglich. Die ÖBAG-Verteilungskurve liegt ihrem R_v -Wert entsprechend weitgehend zwischen diesen beiden Kurven.

4. Mit Hilfe der errechneten Daten kann nunmehr auch die besonders für die Landwirtschaft wichtige wöchentliche Summenprozentverteilung erstellt werden, die für die Berechnung des C-Faktors bei Feldfrüchten unumgänglich notwendig ist.

Tabelle 9

Summenprozent der Faktor R_v -Anteile in Österreich

Woche	$R_v\%$	Woche	$R_v\%$	Woche	$R_v\%$	Woche	$R_v\%$
1.	0,03	14.	7,8	27.	49,3	40.	95,7
2.	0,05	15.	8,6	28.	52,4	41.	96,3
3.	0,06	16.	9,5	29.	56,9	42.	96,9
4.	0,07	17.	10,6	30.	62,9	43.	97,4
5.	0,14	18.	11,7	31.	67,6	44.	98,0
6.	0,90	19.	13,3	32.	72,8	45.	98,4
7.	1,75	20.	15,1	33.	78,3	46.	98,7
8.	2,59	21.	17,2	34.	83,1	47.	99,0
9.	3,50	22.	20,3	35.	86,6	48.	99,2
10.	4,40	23.	25,5	36.	88,3	49.	99,4
11.	5,30	24.	31,4	37.	91,2	50.	99,5
12.	6,10	25.	38,1	38.	93,4	51.	99,7
13.	6,90	26.	44,6	39.	95,0	52.	100,0

Literatur

- BLÜHBERGER, G., 1992 a: Isoerodentenkarte von Niederösterreich mit Liste der ÖBAG-Niederschlagsfaktoren R_v und R_w und Periodenvergleich der Niederschläge, 36 S., 10 Tab., 1 Abb., 1 Karte, LiL, Baden.
- BLÜHBERGER, G., 1992 b: Isoerodentenkarte von Kärnten mit Liste der ÖBAG-Niederschlagsfaktoren R_v und R_w und Periodenvergleich der Niederschläge, 32 S., 10 Tab., 1 Abb., 1 Karte, Kammer für Land- und Forstwirtschaft in Kärnten, Klagenfurt.

- BLÜHBERGER, G., 1993: Isoerodentenkarte von Vorarlberg mit Liste der ÖBAG-Niederschlagsfaktoren R_v und R_w und Periodenvergleich der Niederschläge, 32 S., 11 Tab., 1 Abb., 1 Karte, Umweltinstitut des Landes Vorarlberg, Bregenz.
- BLÜHBERGER, G., 1994: Isoerodentenkarte von Oberösterreich mit Liste der ÖBAG-Niederschlagsfaktoren R_v und R_w und Periodenvergleich der Niederschläge, 48 S., 15 Tab., 1 Abb., 1 Karte, Amt der Oö. Landesregierung, Abt. Straßenbau, Linz.
- BLÜHBERGER, G. und E. KLAGHOFER, 1992: Von der ABAG zur ÖBAG – Die Isoerodentenkarte von Österreich, Mitt. d. D. Bodenk. Ges. 68.
- BOBEK, H., W. KURZ und F. ZWITTKOVITS, 1971: Atlas der Republik Österreich, 5. Lieferung, Blatt III/9, Klimatypen, Österr. Akademie der Wissenschaften, Wien.
- HYDROGRAPHISCHER DIENST IN ÖSTERREICH: Hydrographisches Jahrbuch von Österreich, Ausgabe 1971 bis 1980 und alle Ausgaben der Jahrgänge 1984 bis 1990, Hydrographisches Zentralbüro im BMLF, Wien.
- KREBS, H. und H. SCHIMPF, 1965: Starkregen und Starkregenstatistik, Mitteilungsblatt des Hydrographischen Dienstes in Österreich 42, Wien.
- MISCHEK, R., 1993: Bedeutung der Höhe und Intensität erosiver Niederschläge und Berechnung eines modifizierten R-Faktors, Diplomarbeit an der Universität für Bodenkultur, Wien.
- SAUERBORN, P., 1992: Die Erosivität der Niederschläge in Nordrhein-Westfalen – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser, Bonn. Geogr. Abh., Heft 85, Bonn.
- SAUERBORN, P., 1994: Die Erosivität der Niederschläge in Deutschland – Ein Beitrag zur quantitativen Prognose der Bodenerosion durch Wasser in Mitteleuropa (mit Isoerodentenkarte von Deutschland), Bonner Bodenk. Abh. 13, Rheinische Fr.-W.-Universität, Bonn.
- SCHWERTMANN, U., W. VOGEL und M. KAINZ, 1987: Bodenerosion durch Wasser, Vorhersage des Abtrages und Bewertung von Gegenmaßnahmen, E. Ulmer, 2. Auflage, Stuttgart 1987.
- WISCHMEIER, W. H. und D. D. SMITH, 1978: Predicting Rainfall Erosion Losses – a guide to conservation planning, U. S. Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 537.

(Manuskript eingelangt am 3. Mai 1994, angenommen am 16. Juni 1994)

Anschrift des Verfassers:

Ing. Günther BLÜHBERGER, Institut für Geologie der Universität Wien,
Beatrixgasse 25/2/24, A-1030 Wien