

EINFLUSS VON GROSSFLÄCHIGEN RELIEFUMGESTALTUNGEN BEI FLURBEREINIGUNGEN IN SÜDBADISCHEN WEINBAUGEBIETEN AUF LANDSCHAFTS- UND WASSERHAUSHALT*)

Mit 5 Abbildungen, 2 Tabellen und 2 Photos

GERD MORGENSCHWEIS und GERHARD LUFT

Summary: Large-scale relief alterations within the wine-growing area of southern Baden arising from consolidation programmes and their influence on landscape and water balance

The problems of large-scale, terraced land consolidation together with water management improvements carried out on loessial areas in the viticulture region of southern Baden (Southern Germany) are demonstrated, taking as an example two schemes on the eastern Kaiserstuhl hills. The consequences of these large-scale changes of relief on topoclimate (movement of cold air, upcurrents), soil-water balance (augmented soil moisture in the main root zone and consequences for vegetative growth), erosion (slumping) and run-off characteristics are shown. The influences on hydrological processes are quantified by comparing two small adjoining experimental basins (a long-standing small-terraced basin, a large-terraced basin) on the Eichstetten landmark. First results indicate a significant increase of peak discharge and the danger of flooding in the consolidation basins. The problems of the acquisition and evaluation of hydrological data, as well as the results of detailed model calculations on run-off formation, are shown.

Beside being of scientific interest, the results are of use in the planning of new land consolidation projects together with water-management improvements.

1. Einführung

Um den marktorientierten Weinbau innerhalb der Europäischen Gemeinschaft konkurrenzfähig zu machen, werden in den südbadischen Weinbaugebieten seit rund 20 Jahren großflächige, reliefumgestaltende Rebflurbereinigungen durchgeführt. Dabei werden in den Lößgebieten der Schwarzwald-Vorbergzone, des Tunibergs und des Kaiserstuhls Gemarkungsteile, die von alters her kleinterrassiert und kleinstparzelliert waren, zu ausgedehnten großterrassierten Flächen umgestaltet. Um solch großflächige Maßnahmen durchführen zu können, muß ein mit Großbaumaschinen leicht verschiebbares Lockersediment, wie z. B. Löß, anstehen; der Löß erreicht am Ostrand des Kaiserstuhls Mächtigkeiten bis über 30 m und keilt nach Westen zum vulkanisch-tektonischen Steilrand des zentralen Kaiserstuhls aus. Im Luftbild in Abb. 1 ist diese naturräumliche Einheit als bewaldeter Höhenzug deutlich abgesetzt gegenüber der östlich anschließenden Einheit „Riedel- und Talandschaft“, einer schräg gestellten Pultscholle, deren tertiäre Kalkmergeloberfläche mit Löß überdeckt wurde; zur geophysikalischen Vermessung der Lößmächtigkeiten vgl. LUFT (1980).

Obwohl im Kaiserstuhl bis 1982 in über 20 großen Verfahren rd. $\frac{1}{3}$ der knapp 4000 ha Rebfläche großterrassiert umgelegt wurden, liegen nur wenige wissenschaftliche Veröffentlichungen hierzu vor (HASERODT 1971; BECKER 1977; ENDLICHER 1980a, 1980b; LUFT et al. 1981; LUFT et al. 1983, 1984a, 1984b).

Die Schaffung von großterrassierten Flächen wird vor allem der *arbeitswirtschaftlichen* Forderung nach mindestens 60 m langen Rebzeilen für eine rationelle Bearbeitung gerecht. Außerdem soll eine verbesserte Erschließung der Rebflächen durch befestigte Wege Fahrzeit ersparen und den Transport zu und von den Parzellen erleichtern, denn die altterrassierten Gebiete im Löß des Kaiserstuhls sind durch ein unvollkommenes Wegenetz mit Überfahrtsrechten und mit z. T. tief eingeschnittenen Hohlwegen für eine mechanisierte Bewirtschaftung nur unzureichend erschlossen. Zudem war der Weinbau in Mischlage mit Hackfrucht, Getreide und Obstbau üblich (vgl. Abb. 2). Als weiterer Vorteil ist die Verwendung von qualitativ höherwertigem Pflanzmaterial zur Erzeugung höchster Weinqualität zu nennen. Demnach sollen großterrassierte Flächen mit zusammengelegten Besitzparzellen günstigere Wirtschaftsbedingungen für Voll- und Nebenerwerbwinzerbetriebe schaffen (vgl. Abb. 3).

2. Konzeption, Ausführung und Probleme großterrassierter Flurbereinigung

Am Beispiel des Flußeinzugsgebietes Löchernbach in der Gemarkung Eichstetten am Ost-Kaiserstuhl (Abb. 1), das in 2 Flurbereinigungsverfahren zwischen 1971 und 1976 großterrassiert umgestaltet wurde, sollen die wesentlichen Kriterien und Probleme großterrassierter Oberflächenumgestaltung kurz vorgestellt werden.

2.1. Gestaltung der Terrassen und Böschungen

Bei der Geländeumgestaltung wurde versucht, möglichst große Terrassenflächen zu schaffen, um einmal den o. a. mechanisierten Weinbau zu ermöglichen und zum anderen

*) Vortrag auf dem 44. Deutschen Geographentag 1983 in Münster am 25. 5. 1983.

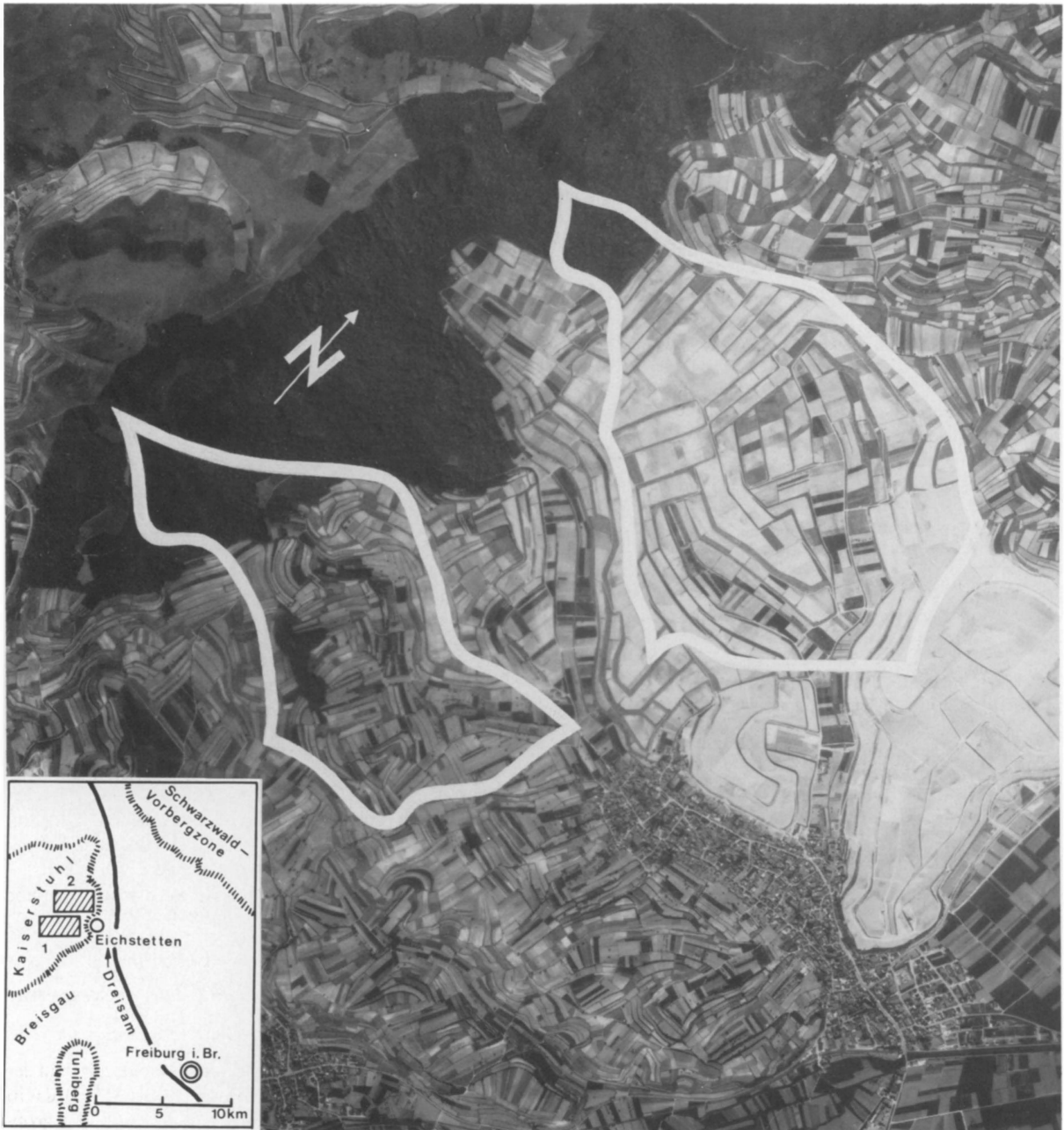


Abb. 1: Senkrecht-Luftbild der Gemarkung Eichstetten a. K., Maßstab 1:24 000, mit Lageskizze.

Mitte links: kleinterrassiertes Einzugsgebiet Rippach (1); Mitte rechts: flurbereinigtes Einzugsgebiet Löchernbach (2)
(Aufnahme v. 30. 4. 1976, 12 Uhr, Flugmeßprogramm, freigegeben v. Reg. Präs. Obb. GS 300/7203)

Vertical aerial photo of Eichstetten with the Rippach basin (on the left) and the Mittlingen-Löchernbach basin (on the right), scale about 1:24 000

die für Löß bekannte Erosionsanfälligkeit zu vermindern. Die Terrassenflächen fallen i. d. R. mit einer Innenneigung von 2 bis 4% zur nächstansteigenden Terrassenböschung ein, um die Terrassenkanten gegen Oberflächenabfluß und Abspülung zu schützen. Beim älteren Flurbereinigungsverfahren Mittlingen (1969/71) sind die Terrassenrücklagen

teilweise als Senken ausgebildet, die über Kanaleinläufe und ein Kanalsystem direkt in den Vorfluter Löchernbach entwässern.

Die gewählte Hangneigung der Böschungen stellt einen Kompromiß zwischen möglicher Rutschgefahr und Rebflächenverlust dar. Dennoch beträgt der Flächenverlust durch

Böschungen in Abhängigkeit von deren Sprunghöhe durchschnittlich 20% der Ausgangsfläche.

Bei der Geländeplanie wurden hohe Riedel zwischen den Talungen abgeschoben, Talrand- und Tallagen aufgeschoben. Daraus resultierten Auf- bzw. Abschiebungsbeträge von bis zu 10 m. Bei der Umschiebung entstanden Böschungen mit Sprunghöhen von durchschnittlich 3 bis 6 m, im Extrem bis 24 m. Zur Sicherung der Standfestigkeit wurden die Böschungen in der Regel mit einer Neigung von 1:1 geschüttet. Die talseitigen Terrassenkanten wurden zudem mit befestigten Wegen und einem bis zu 1 m hohen Wall (Hochbord) gegen Oberflächenabfluß geschützt.

2.2. Zusammenlegung von Besitzparzellen und Bodennutzung

Neben der großterrassierten Geländeumgestaltung war es Ziel der Flurbereinigungsverfahren, die durch Realerteilung entstandenen Klein- und Kleinstparzellen besitzrechtlich und bzgl. der angebauten Rebsorten zusammenzulegen. Dies wird durch Gegenüberstellung der Bodennutzungskartierungen beider Einzugsgebiete (Stand: Juni 1979 in Abb. 2 (Rippachgebiet) und Abb. 3 (Löchernbachgebiet)) deutlich. Zu Abb. 3 ist anzumerken, daß hier im Gegensatz zum Rippachgebiet keine Besitz- oder Nutzungsparzellen eingezeichnet sind.

2.3. Wegenetz und Kanalisation

Ein asphaltiertes Wegenetz soll – nach modernen betriebswirtschaftlichen Vorstellungen – die Großterrassen jederzeit und unabhängig von Witterung und Steilheit des Geländes mit Maschinen erreichbar machen. Das asphaltierte Wegenetz im Einzugsgebiet Löchernbach hat eine Gesamtlänge von 23 km und nimmt mit durchschnittlich 4,5 m Breite 6% der Einzugsgebietsfläche ein. Das Wegenetz entwässert über Einlaufschächte und ein Kanalsystem direkt in die Vorfluter.

2.4. Umschiebung des Lockersediments Löß

Der Löß zeigt trotz seiner relativen Homogenität Unterschiede in der Korngrößenverteilung aufgrund verschiedener äolischer Ablagerungsfolgen, fluviatiler Umlagerung und fossiler Bodenbildungen. Die teilweise Dekameter von Löß umfassenden Umschiebungen wurden anfangs kaum sortiert umgelagert. In Photo 1 wird dies an einem Ausschnitt aus dem 1969/71 umgeschobenen Riedel „Mittlingen“ deutlich; wie eine detaillierte Bodenkartierung belegte, resultiert die sichelartig geformte dunklere Fläche in der Mitte des Bildes aus einem deutlich höheren Tongehalt an der Bodenoberfläche. Hier wurde z. B. das Bodenmaterial eines fossilen B_t-Horizontes durch die Umschiebung freigelegt und oberflächennah verteilt. An anderen Stellen können solche Farbunterschiede auch durch Freilegen bzw. Verteilen von humusreichen Oberböden ehemaliger Bodenbildungen entstehen. Die aufgezeigten Bodenunterschiede lassen sich auch an Wuchs und Ertrag der dort angepflanzten Reben erkennen.



Photo 1: Ausschnitt aus dem großterrassiertem Einzugsgebiet Löchernbach: Flur Buckacker als Beispiel für Terrassenneigung, Böschungen u. Bodenunterschiede (Aufnahme: G. MORGENSCHWEIS, 5/75)

Detail of the large terrace basin of Löchernbach demonstrating the inclination of the terraces, the slopes and differences in soil texture

2.5. Melioration der Talböden

In den vor der Flurbereinigung z. T. stark vernästen Talauen des Einzugsgebietes wurde zum einen der zu hohe Grundwasserstand durch ein Rohrdränsystem abgesenkt und zum anderen die Bodenoberfläche durch Aufbringen von Löß künstlich aufgehöhht.

Diese weitgehenden Eingriffe des Menschen in den Landschafts- und Wasserhaushalt zeigten schon bald deutliche Auswirkungen auf Geländeklima, Bodenstandfestigkeit, Abfluß- und Bodenwasserverhältnisse und als Folge nicht zuletzt auch auf die Weinbauökologie.

Die *geländeklimatologischen* Fragen großterrassierter Flurbereinigung, wie

- Verringerung der zugestrahlten Energiemengen,
- Bildung von Kaltluftseen aufgrund der Innenneigung der Großterrassen und
- verstärkte Windbelastung an der Oberkante von hohen Terrassenstufen

wurden schon von W. ENDLICHER bearbeitet und publiziert (1980a, b).

Als weiteres schwerwiegendes Problem traten einige Jahre nach Abschluß der Umschiebungen weitverbreitet *Erosionserscheinungen* im Böschungsbereich auf, über die hier nur kurz berichtet werden soll:

- Die randlichen Böschungsbereiche ließen sich nur schwer verdichten, zusätzliche Hangsicherungsmaßnahmen wie Pfahlinjektionen, Faschinennetze etc. unterblieben aus Kostengründen, lediglich die Oberfläche wurde begrünt. Umgeschobener Löß neigt zu Einzelkorngefüge und kommt bei Vernässung leicht ins Fließen und Rutschen. Insbesondere seit den feuchten Frühjahren 1978 bis 1981 führte dies zu Böschungsbrüchen, die sich teilweise zusammenhängend über Hunderte von Metern erstreckten

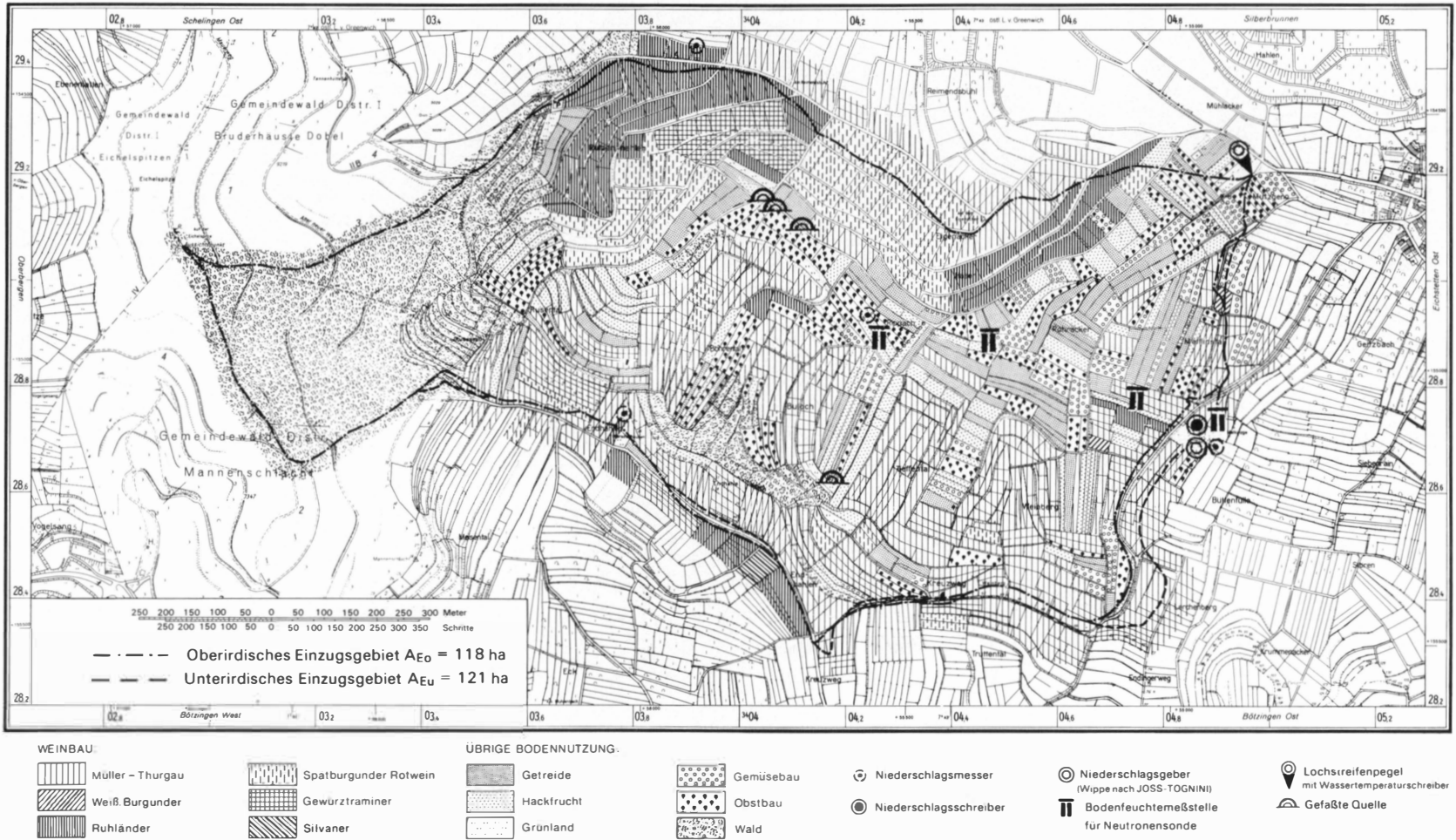


Abb. 2: Einzugsgebiet Rippach mit Bodennutzung (Juni 1979) und hydrometrischem Stationsnetz (Bodennutzungskartierung unter Verwendung von: Rebaufbauplan Eichstetten, Änderung v. 9. 12. 1975, Reg. Präs. Freiburg Az. 34/59/8341)

Land use and hydrometric network in the Rippach basin (small terracing)

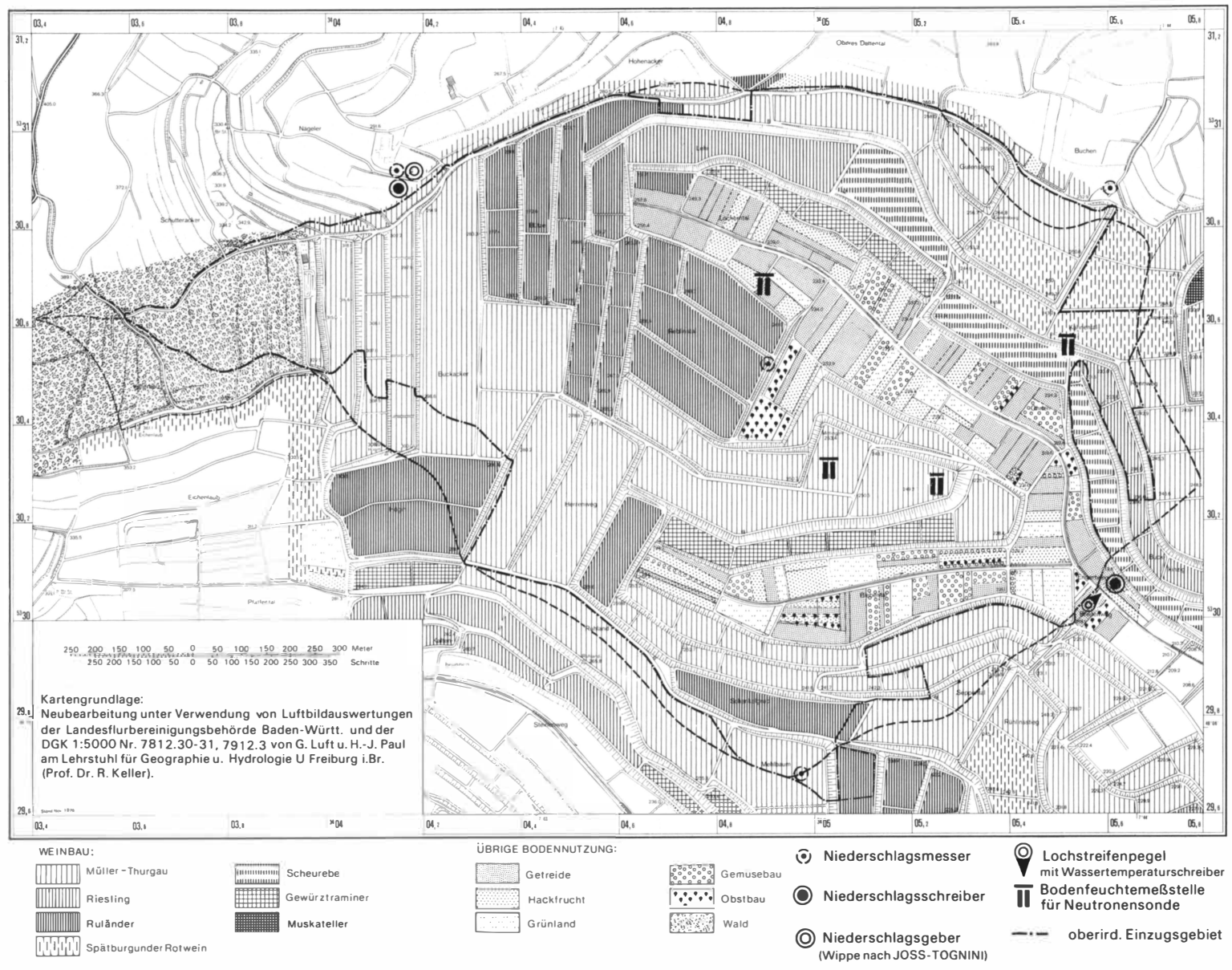


Abb. 3: Einzugsgebiet Löchernbach mit Bodennutzung (Juni 1979) und hydrometrischem Stationsnetz (Bodennutzungskartierung unter Verwendung von: Karte Rebflurbereinigungsverfahren Eichstetten-Mittlingen, Festlegung der Rebsorten (LWA Freiburg 1970/71, Az. 34/59/8214) und Karte Flurbereinigung Eichstetten (Hättlinsberg), Block- und Rebsorteneinteilung (Flurbereinigungsamt Freiburg 9/1979))
 Land use and hydrometric network in the Löchernbach basin (large-scale terracing)



Photo 2: Beispiel einer Böschungsrutschung vom Juni 1978 am Engertweg/Buckkünzig (Aufnahme: G. LUFT, 6/1978)
Example of a slumping in June 1978

(vgl. Photo 2). Im Verlauf des Sommers und Herbstes 1978 und 1979 mußten so jeweils bis 7000 m³ Boden abtransportiert werden. Es wurde versucht, die gerutschten Böschungen mittels Hangfußsicherung mit Gabionen, Anpflanzen tiefwurzelnder Bäume und Sträucher an den Hangköpfen, hangparallelen Dränleitungen, vertikalen Kiesschlägen zur seitlichen Dränung anfallenden Boden- und Hangdruckwassers und Faschinen zu sanieren. Wie die katastrophale Verschärfung der Hangrutschungen durch Starkregen im Mai 1983 jedoch zeigte, ist hierzu bisher keine befriedigende Lösung gefunden worden.

Während über diesen Problembereich an anderer Stelle berichtet wird, sollen hier die Ergebnisse einer experimentell-hydrologischen Studie zum Einfluß von Großterrassierungen auf hydrologische Prozesse detaillierter vorgestellt werden. Die Studie war Teil eines Forschungsvorhabens von Prof. Dr. R. KELLER (Lehrstuhl für Geographie und Hydrologie der Universität Freiburg) und wurde seitens der Deutschen Forschungsgemeinschaft und des Internationalen Hydrologischen Programms gefördert.

3. Experimentell-hydrologische Vergleichsstudie

Für die Vergleichsstudie konnte auf das von uns seit 1972 im Rahmen eines DFG-Forschungsvorhabens von Prof. Dr. R. KELLER betriebene hydrologische Versuchsgebiet Rippach zurückgegriffen werden (s. Stationsnetz in Abb. 2). Dieses Einzugsgebiet Rippach besitzt eine kleinterrassierte und kleinparzellierte Struktur und ähnelt in seiner physisch-geographischen Ausstattung dem Zustand des nur 1 km nördlich gelegenen Löchernbachgebietes vor der Flurbereinigung.

Eine vergleichende Betrachtung von Tab. 1, in der die wichtigsten *Einzugsgebietscharakteristika* beider Untersuchungsgebiete zusammengestellt sind, verdeutlicht die durch die Großterrassierung verursachten Veränderungen.

Tabella 1: Physiographische Ausstattung und Bodennutzung
Physio-geographic characteristics and land use

Einzugsgebiete	Rippach klein- terrassiert (120 ha)	Löchernbach groß- terrassiert (170 ha)
Oberirdisches Einzugsgebiet A _{Eo}	118 ha	161 ha
Unterirdisches Einzugsgebiet A _{Eu}	121 ha	179 ha
Einzugsgebiet A _E	120 ha	170 ha
Asphaltierte Wege		
a) Gesamtlänge	1,4 km	23,2 km
b) Fläche	0,6 ha	10,4 ha
c) Proz. Anteil von A _E	0,5%	6,1%
Gesamtlänge der offenen Gerinne	1,3 km	2,1 km
Dränmaßnahmen		
Gesamtlänge der Dränleitungen	1 km	12,9 km
Maulwurfdränung		
a) Fläche	-	33,6 ha
b) Proz. Anteil von A _E	-	19,8%
Bodennutzung		
a) Wald	21,4 ha	9,6 ha
Proz. Anteil von A _E	17,9%	5%
b) Ackerbau, Obst- u. Gemüse	40 ha	20 ha
Proz. Anteil von A _E	33,3%	12%
c) Weinbau	58 ha	110 ha
Proz. Anteil von A _E	48,3%	65%
d) asphaltiertes Wegenetz	0,6 ha	10,4 ha
Proz. Anteil von A _E	0,5%	6%
e) Böschungen 1:2	-	20 ha
Proz. Anteil von A _E	-	12%

Im Löchernbachgebiet konnten vor der Flurbereinigung keine hydrologischen Voruntersuchungen durchgeführt werden. Es mußte daher versucht werden, die anthropogenen Einflüsse mit Hilfe einer Vergleichsstudie zu quantifizieren.

Um das unterschiedliche Verhalten beider Einzugsgebiete als Indiz für die Auswirkungen des menschlichen Eingriffes in den Landschafts- und Wasserhaushalt quantifizieren zu können, müssen zeitsynchron erfaßte hydrologische Meßdaten verglichen werden. Damit die hierbei auftretenden kleinen Differenzen gesicherte Ergebnisse darstellen, muß bei der hydrologischen Meßwertfassung eine Meßgenauigkeit erreicht werden, wie sie bei Laboruntersuchungen üblich ist. Zum anderen erfordert die geringe Größe der beiden Einzugsgebiete (Rippachgebiet: 1,2 km², Löchernbachgebiet: 1,7 km²) und die daraus insbesondere im Niederschlag-Abflußprozeß resultierenden kurzen Reaktionszeiten der Systeme zeitsynchrone Datenregistrierungen mit hoher zeitlicher Auflösung. Es mußten daher statt handelsüblicher Trommel- und Bandschreiber digital aufzeichnende robuste Lochstreifenstanzer (5- bzw. 10-Minuten Stanzyrhythmus) als Datenträger für die Niederschlag- und Abflußregistrierung eingesetzt werden.

In den Abb. 2 und 3 ist die hydrometrische Ausstattung zur Erfassung von Niederschlag, Abfluß und Bodenwasser für beide Einzugsgebiete auszugsweise eingetragen. Detail-

lierte Angaben hierzu können aus LUFT et al. (1981) und LUFT und MORGENSCHWEIS (1984b) entnommen werden. Als Beispiel soll hier lediglich die Erfassung des oberirdischen Abflusses kurz aufgezeigt werden:

Im klimatischen Gunstgebiet Kaiserstuhl treten zum einen länger andauernde Trockenwetterabflüsse mit Spenden unter $1 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$ auf, zum anderen Abflußscheitel bei und nach Starkregen von bis zu $3000 \text{ l/s} \cdot \text{km}^2$. Um diese Spannweite in genügender Genauigkeit und ausreichender zeitlicher Auflösung erfassen zu können, wurde im Löchernbachgebiet ein 4.5 ft H-Flume mit überflutbarer Freibordrinne installiert. Als Datenträger wurden Lochstreifenstanzer mit 5- bzw. 10-Minuten-Auflösung, parallel und unabhängig davon Horizontaltrommelschreiber, eingesetzt. Pegelschwimmer, Schwimmerschacht und Zulaufrohr waren so dimensioniert, daß beim Rippachpegel der Fehler der Wasserstandsaufzeichnung $< 2 \text{ mm}$ und beim Löchernbachpegel $< 3 \text{ mm}$ lag. Die Meßwerte für die Wasserstand-Abfluß-Beziehungen wurden bis 100 l/s aus Gefäßmessungen, im übrigen Gültigkeitsbereich aus hydraulischen Modellversuchen im Theodor-Rehbock-Flußbaulaboratorium der Universität Karlsruhe ermittelt; die Abflußkurven wurden mit nichtlinearen Regressionsrechnungen approximiert.

Analog wurde bei der Erfassung des Niederschlages, des Grund- und Bodenwassers vorgegangen, um statistisch abgesicherte und für weitere mathematische Modellrechnungen (vgl. LUFT und VOGELBACHER 1985) brauchbare Meßdaten zu erhalten. So wurde z. B. der Bodenwassergehalt mit Hilfe von Neutronensonden in repräsentativen Bodenprofilen ermittelt. Weitere Details hierzu können den Veröffentlichungen von MORGENSCHWEIS und LUFT (1981), LUFT und MORGENSCHWEIS (1981), MORGENSCHWEIS (1983) sowie LUFT und MORGENSCHWEIS (1984b) entnommen werden.

4. Einfluß der Großterrassierung auf einzelne hydrologische Prozesse

Aus der aufgezeigten Konzeption der Terrassengestaltung resultierten einige tiefgreifende Veränderungen hydrologischer Prozesse:

4.1. Bodenumschiebung und Konsequenzen für den Bodenwasserhaushalt

Bei der künstlichen Umlagerung des kalkreichen Löß wird dessen *Struktur* mit seinem natürlich entstandenen stabilisierenden Kalkgerüst zerstört. Durch das Befahren mit schweren Baumaschinen entsteht ein mehr oder minder inhomogenes Einzelkornggefüge. Außerdem haben umgeschobene Löße wegen veränderter bzw. zerstörter Mikro- und Makroporenstruktur im allgemeinen eine niedrigere Wasserleitfähigkeit (SCHEIDIG 1934). Dies führt zu einer höheren Speicherfeuchte im oberflächennahen Bereich. So wurden z. B. im relativ feuchten Sommerhalbjahr 1978 bei Bodenwasseruntersuchungen mit Neutronensonden in bis 3 m tiefen Bodenprofilen im flurbereinigten Löchernbachgebiet über 10 Vol.% höhere Bodenfeuchten als auf vergleichbaren Standorten im Rippachgebiet gemessen. Für die

gesamte Vegetationsperiode wurde ein über 100 mm höherer mittlerer Bodenwassergehalt im flurbereinigten Gebiet für 3 m Bodenmächtigkeit ermittelt.

Höherer Bodenfeuchtegehalt im Wurzelbereich der Reben kann – wie in einer rebökologischen Studie auf 12 Testparzellen in südbadischen Weinbaugebieten statistisch nachgewiesen werden konnte (MORGENSCHWEIS et al. 1982, BECKER et al. 1983) – zu stärkerem vegetativen Wachstum der Reben führen. Dies wiederum verschiebt und verkürzt die eigentliche Reifephase der Reben und kann sich so letztendlich auf Menge und Güte des Traubenertrages auswirken. Des Weiteren bewirkt höhere Bodenfeuchte im Oberboden im allgemeinen eine Erhöhung der Boden- und Pflanzenverdunstung.

Zusätzlich entstehen beim Planieren der Terrassenflächen durch das Eigengewicht der Großbaumaschinen *Verdichtungshorizonte*, die sich besonders in den während des Umschiebens stärker befahrenen Terrassenabschnitten häufen. Infiltrationsmessungen mittels Großinfiltrometer nach EIJKELKAMP, kontrolliert durch Profilfeuchtemessungen mit Neutronensonden, ergaben auf Standorten mit extremen Verdichtungsverhältnissen eine Infiltrationskapazität von annähernd 0. Die reduzierte Infiltrationsfähigkeit führte auf diesen Flächen zu kurzfristigem Wasserüberstau und oberflächennaher Bodenvernässung. In zufällig unverdichteten Partien kann solches Oberflächenwasser über Makroporen in den Untergrund eindringen und Hohlräume (Gänge, Gullies und Pipes), schaffen, die sich bei Starkregen schnell ausweiten und größere Einsturzformen bilden können.

Die verminderte Tiefensickerung hat eine reduzierte Grundwasserneubildung zur Folge, die sich in einem geringeren Basisabfluß im Vorfluter des großterrassierten Gebietes insbesondere in Trockenperioden schon heute deutlich bemerkbar macht und sich so langfristig auf den Abflußprozeß auswirkt. Der Verdichtung und Vernässung wird flächenhaft durch nachträgliche Maulwurfdränung mit Einbringen von Styromull (rd. 20% der Gesamteinzugsgebietsfläche des Löchernbaches, vgl. Tab. 1) entgegengewirkt.

4.2. Oberirdischer Abfluß

Das vorliegende Datenmaterial zur Niederschlag-Abfluß-Beziehung wurde detailliert mit Hilfe von mathematischen Modellen analysiert. So wurde der *Abflußbildungsprozeß* mit dem von LUFT mittels Parameterschätzung optimierten Koaxialmodell, mit dem die kurzfristige Retention von Niederschlag-Abfluß-Ereignissen ermittelt werden kann, untersucht. In Abb. 4 ist als Beispiel das Koaxialdiagramm für das großterrassierte Löchernbachgebiet angeführt. Ein Vergleich der Koaxialdiagramme beider Einzugsgebiete zeigt, daß das großterrassierte Gebiet immer einen niedrigeren Anfangsrückhalt aufweist, der beim Durchgang durch den 2. Quadranten weniger erhöht wird. Dies resultiert aus einer geringeren mittleren Infiltration im großterrassierten Gebiet. In Tab. 2 sind die Ergebnisse von 2 Simulationsrechnungen für beide Gebiete zusammengestellt:

- a) ein hundertjähriges Starkregenereignis (61 mm/h),
- b) ein Dauerregen.

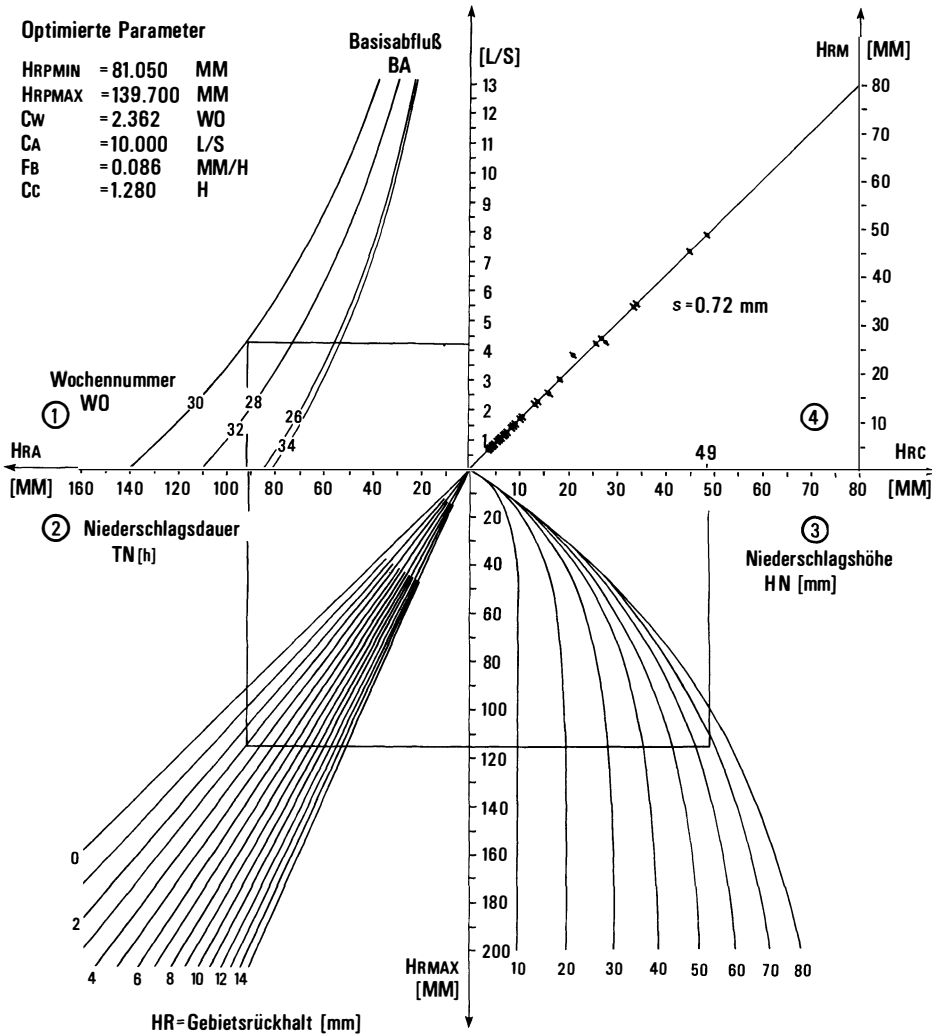


Abb. 4: Koaxialdiagramm zur Ermittlung der Gebietsretention 4 für das Löchernbachgebiet (Erläuterung der Abkürzungen s. Tab. 2)

Coaxial diagram for estimating the basin retention, taking as an example the Löchernbach basin

Tabelle 2: Ergebnisse von zwei Simulationsberechnungen zur Gebietsretention für beide Einzugsgebiete

Results of simulated basin retention in the two catchment basins

	Nr.	WO	BA	TN	HN	HR
			(l/s · km ²)	(h)	(mm)	(mm)
Rippach	1	29	2,70	1	61,00	47,62
	2	15	4,75	10	40,00	38,66
Löchernbach	1	29	2,70	1	61,00	45,10
	2	15	4,75	10	40,00	33,23

WO = Wochennummer als Index für die Jahreszeit: 29 = Mitte Juli, 15 = Mitte April; BA = Basisabfluß vor Beginn eines Abflußereignisses als Index für die Gebietsfeuchte; TN = Niederschlagsdauer; HN = Niederschlagshöhe; HR = Gebietsrückhalt.

Es sind signifikante Unterschiede vorhanden, die – wenn sie auch auf den ersten Blick zahlenmäßig klein erscheinen – den Bau von Regenwasserrückhaltebecken am Ausgang eines jeden flurbereinigten Tales – wie hier mit 11000 m³ Stauinhalt im Löchernbachgebiet – notwendig machen. Der *Abflußkonzentrationsprozeß* wurde mit Hilfe von Speichermodellen analysiert (hierzu wird auf LUFT, MORGENSCHWEIS und VOGELBACHER (1983), LUFT und VOGELBACHER (1985) verwiesen).

Insgesamt kann eine deutlich verschärfte Abflußreaktion im größterassierten Einzugsgebiet Mittlingen-Löchernbach mit

- bis zu 12fach erhöhten Scheitelabflußspenden,
- bis zu 11fach höheren Direktabflußbeiwerten,
- Verringerung der Laufzeit von Hochwasserwellen,

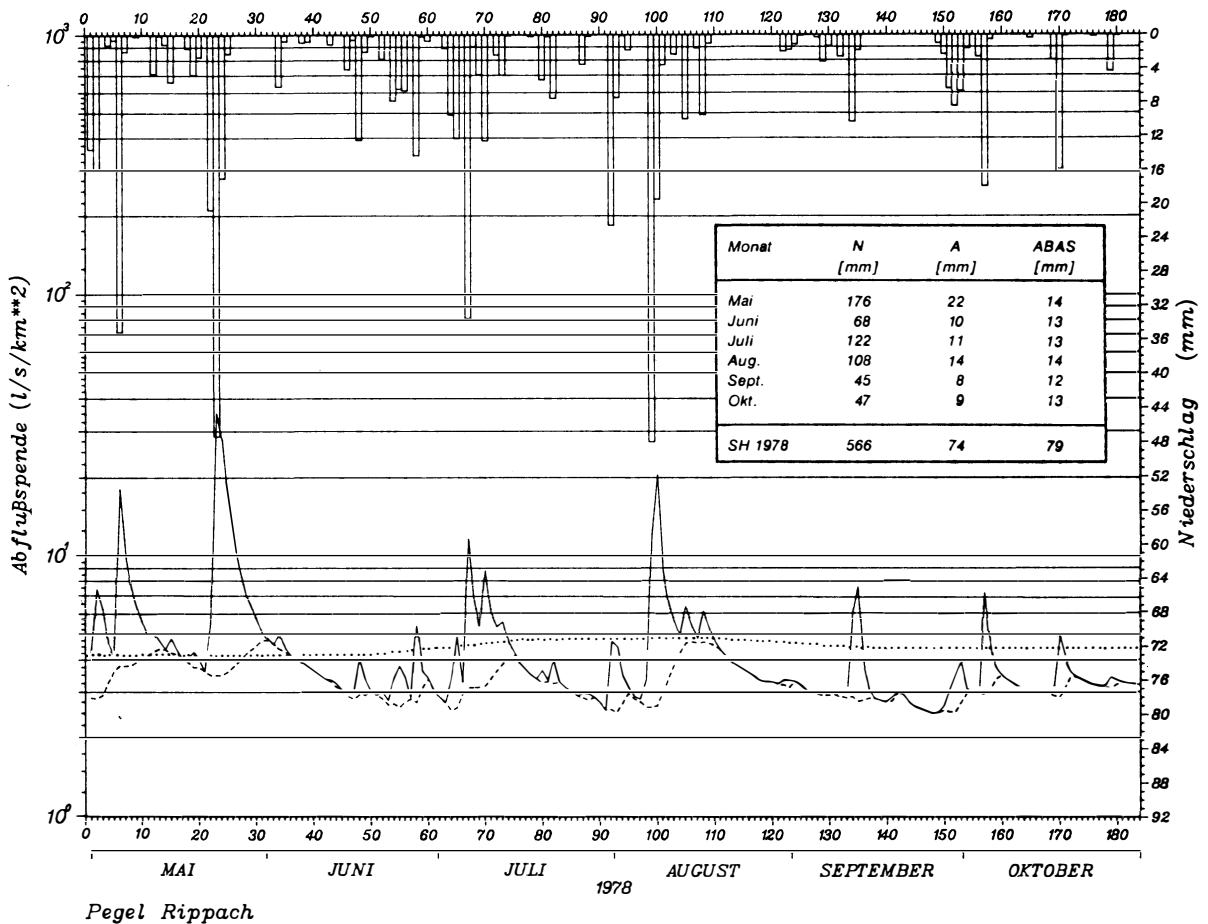


Abb. 5a: Hydrologische Bilanz des Einzugsgebietes Rippach am Beispiel des Sommerhalbjahres 1978 (N = Niederschlag, A = Abfluß, ABAS = Basisabfluß)

Hydrological balance of the Rippach basin, taking as an example the summer half-year 1978

– stärkerem Gefälle der Trockenwetterrezessionskurven,
– stark reduziertem Basis- und Niedrigwasserabfluß,
festgestellt werden. Im wesentlichen handelt es sich also um eine Verschärfung der Hochwassersituation, ein Ergebnis, zu dem SIEKER und HARMS (1983) bei einer Untersuchung zum Einfluß von Flächenmeliorationen in einem von Löss geprägten Einzugsgebiet ebenfalls gelangen.

Abb. 5 a und 5 b zeigen am Beispiel des Sommerhalbjahres 1978 die *Wasserhaushaltsgrößen und -bilanzen* beider Einzugsgebiete. Die Ganglinie des täglichen Abflusses verdeutlicht auch hier durch das bedeutend häufigere Auftreten von Abflußspitzen und die deutlich höheren Scheitelwerte der Abflußspende im flurbereinigten Löchernbachgebiet – dessen reduziertes Speichervermögen. Ebenfalls ist der signifikant niedrigere Basisabfluß im Löchernbachgebiet auffallend. Die eingeblendeten Tabellen, die den Gesamtbasisabfluß enthalten, zeigen einen – je nach Jahreszeit – zwischen 4 und 8% niedrigeren Basisabfluß im großterrasierten Einzugsgebiet, was wiederum mit dem erhöhten Direktabfluß-

anteil und der verringerten Tiefensickerung auf und in den Großterrassen erklärt werden kann.

5. Zusammenfassung und Ausblick

Zusammenfassend kann zum hydrologischen Teil gesagt werden, daß durch vergleichende Geländeuntersuchungen gekoppelt mit mathematischen Simulationsmodellen der Einfluß großflächiger Reliefveränderungen auf

- Abflußbildung und -konzentration sowie
- Bodenwasserhaushalt

quantitativ nachgewiesen werden konnte. Die Unterschiede können mit einzelnen durch die Flurbereinigungsmaßnahmen veränderten Einzugsgebietscharakteristiken erklärt werden. Als wesentlich zeigten sich folgende Zusammenhänge:

- Asphaltiertes Wegenetz verursacht signifikant höheren Direktabfluß,

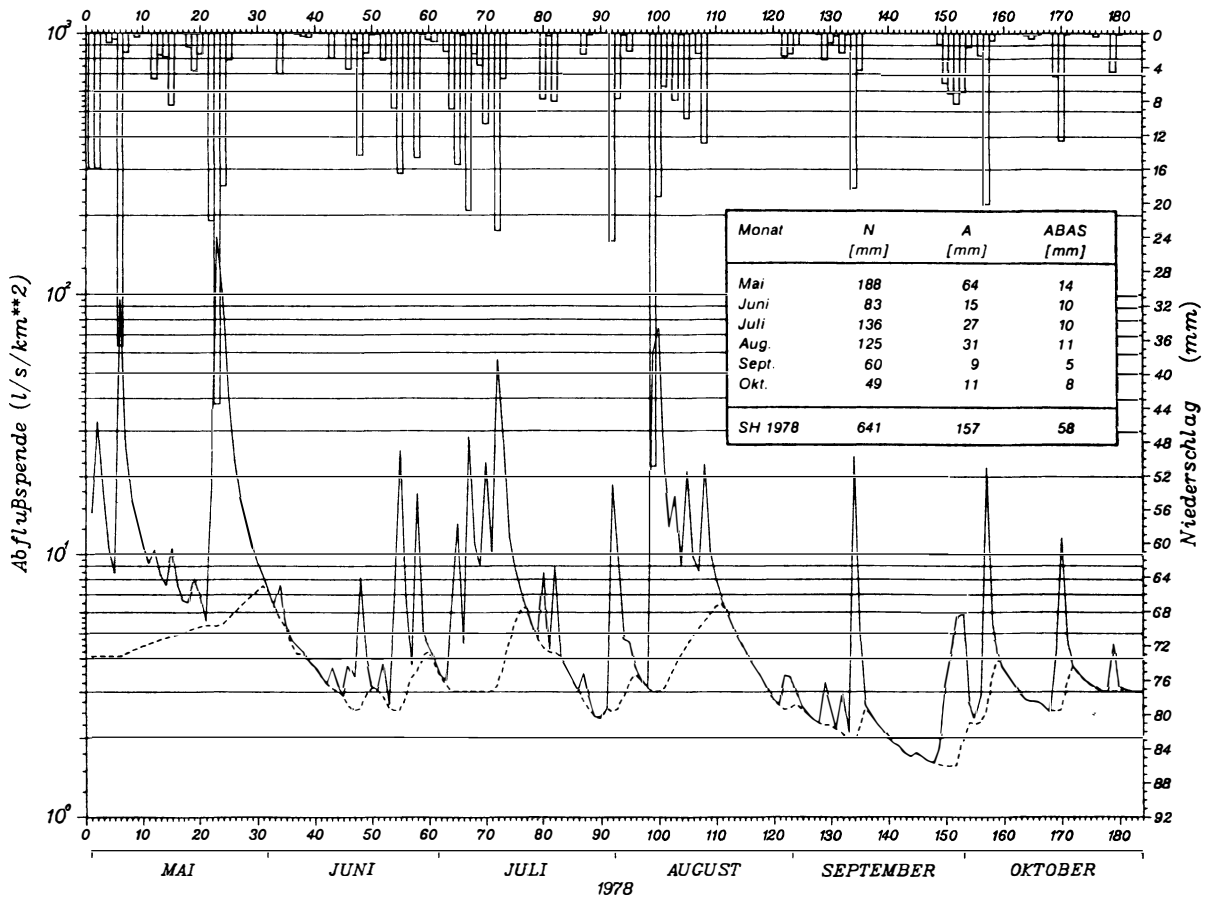


Abb. 5b: Hydrologische Bilanz des Einzugsgebietes Löchernbach am Beispiel des Sommerhalbjahres 1978 (N = Niederschlag, A = Abfluß, ABAS = Basisabfluß)

Hydrological balance of the Löchernbach basin, taking as an example the summer half-year 1978

- Bodenoberflächenverdichtungen führen zu geringerer Infiltration,
- dem daraus resultierendem zeitweiligem Wasserüberstau wird durch flächenhafte Dränung entgegengewirkt. Dies wiederum führt zu geringerer Perkolation und verringerter Grundwasserneubildung.

Beurteilt man abschließend das Ergebnis großterrassierter Flurbereinigungsmaßnahmen insgesamt, so wurde u. E. die primäre Zielsetzung, eine rationelle, d. h. maschinelle Bearbeitung der Rebkulturen zu ermöglichen, erreicht. Die Arbeitserleichterung durch eine verbesserte Erschließung der Rebflächen mit befestigten Wegen, durch zusammengelegte Besitzparzellen und dadurch größere zusammenhängende Bearbeitungsflächen mit ein und derselben Rebsorte ist fraglos. Fraglich dagegen erscheint die Größenordnung der geschaffenen Terrassen, die Dichte und Breite des ausgebauten Wirtschaftswegenetzes und die Behandlung des umzuschubenden Bodenmaterials. Eine Flurbereinigung mit mittelgroßen Terrassen, je nach Ausgangsrelief in einer

Größenordnung zwischen „alten“ Kleinterrassen und den neugeschobenen Großterrassen, würde u. E. die meisten der aufgezeigten Probleme, wie z. B. Windschäden an den Reben in Nähe der Böschungskanten, Kaltluftseen, Böschungsrutschungen, Abflußverschärfung und Stauwassererscheinungen deutlich minimieren bzw. völlig beseitigen.

Detaillierte Sortierung des zu verschiebenden Bodens, Aussetzen der mit schwergewichtigen Großbaumaschinen durchgeführten Umschiebearbeiten bei nasser Witterung und übernässen Bodenverhältnissen sowie intensiveres Einfassen und Ableiten von Quellwasser würden die Nachfolgekosten für flächenhafte Dränmaßnahmen und die Sanierung von Hangrutschungen sicherlich stark reduzieren. All diese Maßnahmen sind jedoch nur auf der Grundlage intensiver Voruntersuchungen (pedologische und hydrologische Detailkartierungen, bodenmechanische Gutachten etc.) möglich, wodurch wiederum die Realisierung solcher Großbaumaßnahmen zeitlich verzögert oder u. U. nicht mehr finanzierbar würde.

In der Zwischenzeit wurden in der Flurbereinigungspraxis viele der Anregungen positiv aufgenommen und z.T. bei der Planung neuer Verfahren berücksichtigt. So haben die Ergebnisse dieser Untersuchungen neben wissenschaftlichem Interesse auch praktische Bedeutung bei solch einschneidenden Eingriffen in den Landschafts- und Wasserhaushalt.

Literatur

- BECKER, N. J.: Untersuchungen über Kleinklimaveränderungen im Reb Gelände durch den Bau großflächiger Terrassen. In: Die Wein-Wissenschaft 32, 1977, 237–253.
- BOS, M. G. (Ed.): Discharge Measurement Structures. Laboratorium voor Hydraulica en Afvoerhydrologie, No. 4, Wageningen 1976.
- ENDLICHER, W.: Geländeklimatologische Untersuchungen im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls. Ber. des DWD, Nr. 150; gleichzeitig Freiburger Geogr. Hefte, H. 17, 1980.
- : Lokale Klimaveränderung durch Flurbereinigung – das Beispiel Kaiserstuhl. In: Erdkunde 34, 1980, 175–190.
- HASERODT, K.: Relieffänderungen durch Großterrassen in den Lößlandschaften des südlichen Oberrheingebietes. – Ein Beitrag zur anthropogenen Geomorphologie. In: Regio Basiliensis XII, 1971, 330–351.
- LUFT, G.: Abfluß und Retention im Löß, dargestellt am Beispiel des hydrologischen Versuchsgebietes Rippach, Ostkaiserstuhl. Beiträge zur Hydrologie, Sonderheft 1, 1980.
- : Kennzeichnung der Fließrichtung und der hydraulischen Leitfähigkeit in schluffigen Aquiferen mittels Uranin-Markierungsversuchen. In: Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 24, 1980(a), 37–42 u. 128–132.
- : Zur Schätzung der Parameter Abstandsgeschwindigkeit und Dispersionskoeffizienten aus Markierungsversuchen mit Uranin in schluffigen Aquiferen. In: Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 25, 1981, 12–18.
- LUFT, G. und MORGENSCHWEIS, G.: Neutronentiefensonden und die Erfassung der Bodenfeuchte. In: Wasser und Boden 33, 1981, 436–442.
- : Zur Problematik großterrassierter Flurbereinigung im Weinbaugebiet des Kaiserstuhls. In: Zeitschrift f. Kulturtechnik und Flurbereinigung, 1984(a), 138–148.
- : Hydrologische Datenerfassung zur Kennzeichnung des Einflusses von großterrassierten Flurbereinigungen. In: Zeitschrift für Kulturtechnik und Flurbereinigung, 1984(b), 271–282.
- LUFT, G., MORGENSCHWEIS, G. und KELLER, R.: Auswirkungen von Großterrassierungen auf hydrologische Prozesse im Ostkaiserstuhl. In: Wasser und Boden 33, 1981, 436–442.
- LUFT, G., MORGENSCHWEIS, G. und VOGELBACHER, A.: The effects of large-scale terracing on hydrological processes. Proceedings of the Int. Symposium on Hydrological Research Basins and their Use in Water Resources Planning in Berne/Switzerland, Sept. 21–23, 1982. Bern 1983.
- LUFT, G. und VOGELBACHER, A.: Modellrechnungen zum Einfluß von Großterrassierungen auf den Abflußprozeß. In: Zeitschrift für Kulturtechnik u. Flurbereinigung, 1985, 1–12.
- MORGENSCHWEIS, G.: Erfassung und Simulation des Bodenwasserhaushaltes am Beispiel eines Lößeinzugsgebietes. Diss. Freiburg 1980.
- MORGENSCHWEIS, G.: Zum Bodenwasserhaushalt im Lößeinzugsgebiet Rippach/Ostkaiserstuhl. In: Beiträge zur Hydrologie 7, 1980, 23–97.
- : Mehrschicht-Simulationsmodell der ungesättigten vertikalen Bodenwasserbewegung. In: Beiträge zur Hydrologie 8, 1981, 265–292.
- : Methoden der Bodenfeuchte – Erfassung und Konzept einer gebietsspezifischen Neutronensondenkalibrierung mit Dichtekompensation. In: Schriftenreihe des Dt. Verbandes für Wasser- u. Kulturbau 50, 1983, 115–189.
- : On soil water movement and balance in thick loessian soils and its model simulation. In: Journal of Hydrology 67, 1984, 339–360.
- MORGENSCHWEIS, G. und LUFT, G.: Einrichtung von Bodenfeuchtemeßstellen und Kalibrierung einer Neutronensonde am Beispiel der Wallingfordsonde IH II. In: Deutsche Gewässerkundl. Mitt. 25, 1981, 84–92.
- MORGENSCHWEIS, G., LUFT, G. und BECKER, N.: Zum vegetativen Wachstum von Weinreben in Abhängigkeit von pedohydrologischen und klimatischen Faktoren. – Ergebnisse einer Vergleichsstudie an 12 Testparzellen im südbadischen Weinbaugebiet. In: CATENA 9, 1982, 199–225.
- SCHIEDIG, A.: Der Löß und seine geotechnischen Eigenschaften. Dresden, Leipzig 1934.
- SIECKER, F. und HARMS, R. W.: Über den Einfluß von Flächenmeliorationen auf den Hochwasserabfluß. Mitt. Institut für Wasserbau und Wasserwirtschaft TH Aachen, Nr. 44, 1983.