

Ergebnisse der wissenschaftlichen Untersuchungen im Schweizerischen Nationalpark
Herausgegeben von der Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft
zur wissenschaftlichen Erforschung des Nationalparks

Résultats des recherches scientifiques au Parc National suisse
Publiés par la Commission de la Société Helvétique des Sciences Naturelles pour les études
scientifiques au Parc National

Band XII

Oekologische Untersuchungen im Unterengadin

3. Lieferung

mit Unterstützung des Schweizerischen Nationalfonds zur Förderung der
wissenschaftlichen Forschung und einem Druckkostenbeitrag des Kantons Graubünden

B III

Lebensbedingungen auf den Untersuchungsflächen im Inntal bei Ramosch und Strada

HANS HELLER

Druck Lüdin AG Liestal 1978

Herrn Prof. Dr. Heinz Ellenberg
zum fünfundsechzigsten Geburtstag gewidmet

III. LEBENSBEDINGUNGEN AUF DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN IM INNTAL BEI RAMOSCH UND STRADA

VON HANS HELLER

1. Einleitung	121
2. Das Forschungsgebiet	122
2.1. Der Untersuchungsraum Ramosch (R)	122
2.1.1. Vegetation und Böden der Untersuchungsflächen	124
2.2. Der Untersuchungsraum Strada (S)	128
2.2.1. Vegetation und Böden der Untersuchungsflächen	128
3. Die Wasserführung des Inns im Untersuchungsraum S	138
3.1. Das Abflussgeschehen bei den Untersuchungsflächen	141
4. Klimatologische Untersuchungen	142
4.1. Das Lokalklima der Untersuchungsräume	142
4.2. Mikroklimamessungen auf den Untersuchungsflächen R	145
4.3. Mikroklimamessungen auf den Untersuchungsflächen S	156
4.4. Einfluss des Inns auf die Lebensbedingungen in den Untersuchungsflächen	159
5. Literaturverzeichnis	161

1. Einleitung

Die Untersuchung von Lebensbedingungen in einem in jeder Hinsicht so **reichhaltigen Gebiet** wie dem **Unterengadin** zwang regional zu einer Auswahl von **Untersuchungsflächen**. Auch im Hinblick auf ökologisch wirksame Faktoren musste eine Auslese **stattfinden**, **zumal** keine **Dauermessungen**, sondern nur **Einzelbeobachtungen** möglich und **mosaikartig zusammenzufügen** waren.

BAER (1968) und NADIG (1968) haben bereits kurz **darauf** hingewiesen, dass geplante Eingriffe in den Wasserhaushalt des **Inns** im Zuge von **Kraftwerksbauten** Anlass für die **Untersuchungen** zwischen Scuol und **Martina** waren. Nach Planungen, die noch in die Zeit vor dem Zweiten Weltkrieg zurückreichten, kam es 1954 **zur** Gründung der Engadiner Kraftwerke, die 1963 mit dem Bau begannen und 1971 die erste Etappe mit dem Spöl-Speicherbecken, der **Innfassung S-chanf** und der Zentrale Pradella bei Scuol abschlossen. Die **Ausführung** der zweiten Etappe, Wasserableitung des Inns unterhalb von Pradella und Nutzung in einem Kraftwerk Martina, die die **Flusslandschaft** des Forschungsgebiets stärker und unmittelbar betroffen hätte, ist gegenwärtig nicht mehr wirtschaftlich und wird wohl nie mehr verwirklicht werden.

2. Das Forschungsgebiet

Die Auswahl der Untersuchungsräume blieb nicht unbeeinflusst von heftigen Diskussionen im Jahre 1947 über die Folgen der Nutzung des Inns und des Spöls, einem den Schweizer Nationalpark durchfließenden Nebenfluss des Inns. Glaubten die einen vor allem die unvorhersagbaren klimatischen Auswirkungen eines Stausees nicht verantworten zu können, standen für die andern Probleme der Wasserableitung beziehungsweise des Trockenfallens und eventuelle Restwassermengen im Vordergrund (s. a. Lüdr, 1966).

Im Untersuchungsraum Ramosch/Plattamala schien die Möglichkeit gegeben, in einem annähernd Nord-Süd verlaufenden Talquerprofil insbesondere die klimatischen Bedingungen für eine Reihe von wichtigen Lebensgemeinschaften der montanen Stufe zu untersuchen, während im Auengebiet von Strada vor allem die direkten Auswirkungen der Arbeit des Flusses studiert werden konnten (Tab. 1). Inzwischen hat die wirtschaftliche Hochkonjunktur der sechziger Jahre bewirkt, dass weitere menschliche Eingriffe in den Naturhaushalt des Forschungsgebiets erfolgten (Strassenbau, Kiesgewinnung).

Tabelle 1 Koordinaten der Untersuchungsflächen

Raum Ramosch 10° 25' / 46" 50'			Raum Strada 10° 16' / 46" 51'		
R1	826700/191300	1135 m ü. M.	S1	828000/194050	ca. 1055 m ü. M.
R2	827050/191375	1140	S2	828000/194050	ca. 1055
R3	826800/191400	1080	S3	828300/194200	ca. 1055
R4	826800/191425	1080	S4	828475/194350	ca. 1055
R5	826775/191450	1080	S5	828575/194450	ca. 1055
R6	826700/191600	1130	SB	827800/194150	ca. 1055
R7	826600/191675	1145			
R8	826525/191750	1200			
R9	826550/191825	1300			
R11	825800/191025	1085			
R12	825800/191100	1085			

2.1. DER UNTERSUCHUNGSRAUM RAMOSCH (R)

Unterhalb von Ramosch ragen die Gipfel rechts und links vom Unterengadiner Fenster mit Piz Arina (2828 m ü. M.) und Piz Nair bis hoch über die Baumgrenze hinaus. Bis auf acht Kilometer weitet sich oben das Tal. Während die steile Schattseite dem Wald verblieben ist, wurde die Sonnseite im Zuge der Besiedelung für Land- und Alpwirtschaft – ähnlich wie in anderen Tälern (siehe zum Beispiel LEIBUNGCUT 1938) – vielfältig terrassiert. Der Untersuchungsraum (R) bei Plattamala/Resgia (Abb. 1) reicht links auf der Sonnseite bis etwa 1300 m ü. M.; auf dem Schatthang liegen die Untersuchungsflächen bis etwa 1140 m hoch oder zirka 60 m über dem Inn (1080 m). Im Mittel sind die Hänge im untersuchten Querschnitt etwa 25° geneigt, die steilsten Partien bis gegen 45°. Die starke Horizontüberhöhung führt zu den für ein Alpenlängstal charakteristischen Reduktionen der Besonnungsdauer auf Sonn- und Schattseite (siehe auch Kapitel 4.1). In den Horizontdarstellungen (Abb. 2) kommt zugleich der leichte NW-SE-Verlauf des Messprofils zum Ausdruck, das etwa 700 m weit ist.

et
 beeinflusst von heftigen Diskus-
 Inns und des Spöls, einem den
 Inns. Glaubten die einen vor
 n eines Stausees nicht verant-
 r Wasserableitung beziehungs-
 gen im Vordergrund (s. a. LÜDI,

n die Möglichkeit gegeben, in
 insbesondere die klimatischen
 inschaften der montanen Stufe
 vor allem die direkten Aus-
 en (Tab. 1). Inzwischen hat die
 wirkt, dass weitere menschliche
 erfolgten (Strassenbau, Kies-

ngsflächen
 d a 10° 26' / 46° 51'

- 8000/194050 ca. 1055 m ü. M.
- 8000/194050 ca. 1055
- 8300/194200 ca. 1055
- 8475/194350 ca. 1055
- 8575/194450 ca. 1055
- 7800/194150 ca. 1055

MOSCH(R)

nd links vom Unterengadiner
 h über die Baumgrenze hinauf.
 end die steile Schattseite dem
 esiedelung für Land- und Alp-
 spiel LEIBUNDGUT 1938) – viel-
 tamala / Resgia (Abb. 1) reicht
 Schatthang liegen die Unter-
 er dem Inn (1080 m). Im Mittel
 neigt, die steilsten Partien bis
 für ein Alpenlängstal charak-
 n- und Schattseite (siehe auch
 nmt zugleich der leichte NW-
 m weit ist.

- 1 = *Erico-Pinetum silvestris* (63)
 - 2 = *Piceetum montanum melicetosum* (64)
 - 3 = *Violo-Alnetum incanae agrostidetosum albae* (921)
 - 4 = *Violo-Alnetum incanae saturejetosum* (922)
 - 5 = *Cirsio-Calamagrostietum* (83)
 - 6 = *Koelerio-Poetum xerophilae* (22)
 - 7 = *Piceetum subalpinum myrtilletosum* (66)
 - 8 = *Galeopsi-Rumicetum* (16)
 - 9 = *Juniperetum sabiniae* (51)
- (in Klammern Nummer der Kartiereinheiten nach ZOLLER, 1974)

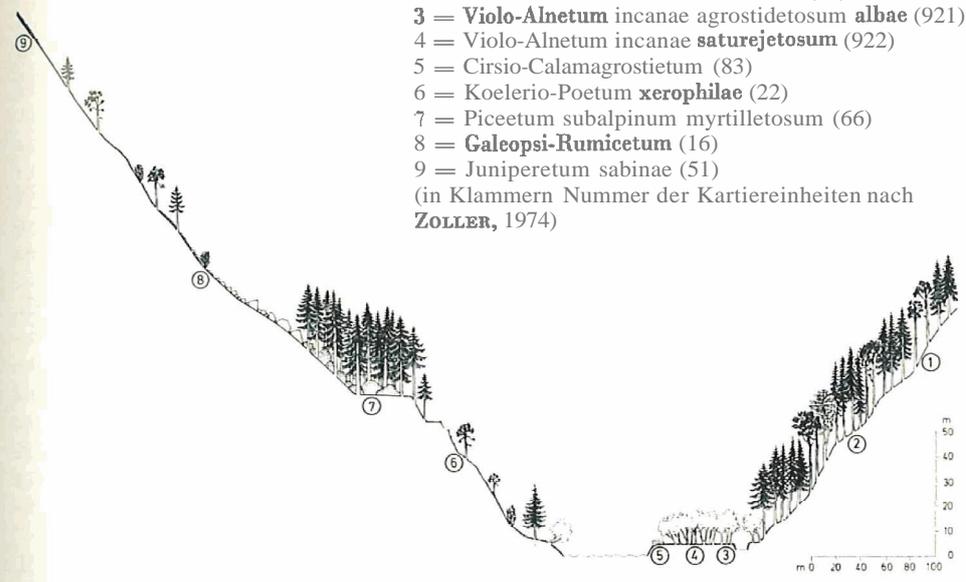


Abb. 1. Querschnitt durch das Innthal im Untersuchungsraum Ramosch (R).

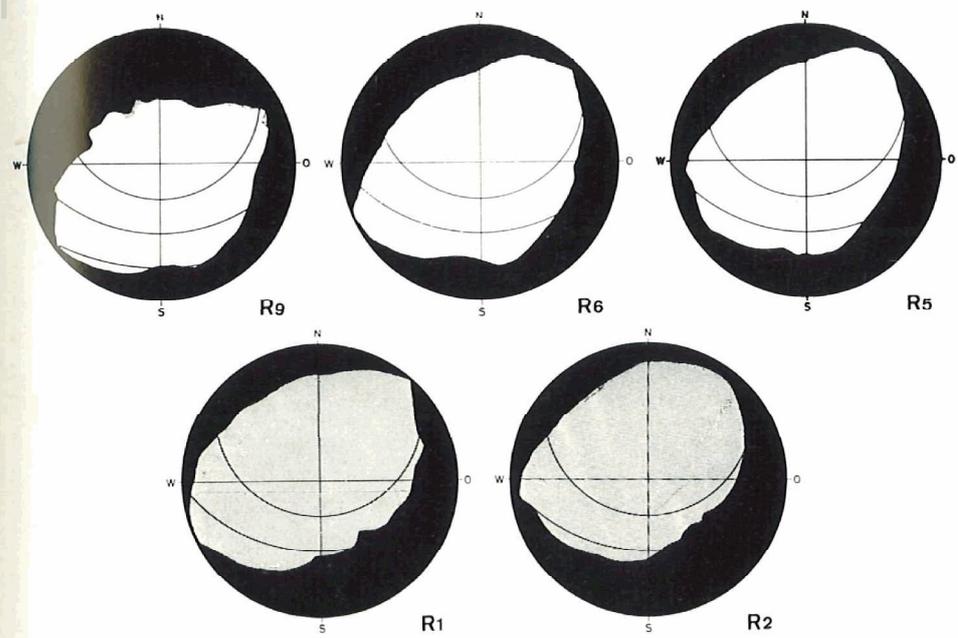


Abb. 2. Horizonteinengung ausgewählter Untersuchungsflächen bei Ramosch mit Angabe der Sonnenbahn vom 21.6., 21.3./23.9. und 22.12. (vgl. auch Abb. 25).

2.1.1. Vegetation und Böden der Untersuchungsflächen

Zur kurzen Beschreibung der Untersuchungsflächen verwenden wir für die Pflanzengesellschaften die Nomenklatur von **ZOLLER (1974)**, die auch der Vegetationskartierung von **CAMPELL (1978)** und **TREPP (1978)** zugrunde lag. Im übrigen folgen wir der Numerierung vom **Schatthang** zum **Sonnenhang**.

R1: Erico-Pinetum silvestris

Der über 100 Jahre alte lockere **Föhrenbestand (Abb. 3)** auf einem etwa 45° nach **NEV** geneigten Hang wurde 1954 von **BRAUN-BLANQUET, PALLMAN** und **BACH** als **Subassoziation hylocomietosum** beschrieben. Er stockt auf kalkhaltigen **Deltaschottern** aus dem **Val d'Assa (TRÜMPY und SCHLUSCHE, 1972)**, was sich im Bodenprofil deutlich widerspiegelt: Auf eine grobfasrige lockere Rohhumusauflage folgt ein humusreicher (22,97 % C), noch leicht karbonathaltiger (1,12 % Ca), schwarzbrauner **A₁**, der ab ca. 15 cm Tiefe zunehmend ärmer an Feinerde, vor allem an Schluff, wird und ab zirka 35 cm in den anstehenden Schutt übergeht (20,32 % Ca). Die **pH-Werte** steigen entsprechend von 5,2 über 7,8 auf 8,0. Der Gesamtstickstoffgehalt geht von 0,84 % auf 0,12 beziehungsweise 0,10 % zurück. Bei günstiger Wasserversorgung und 20°C Durchschnittstemperatur könnten pro Woche etwa 6 kg/ha Mineralstickstoff nachgeliefert werden. Angesichts der Niederschlagsarmut des Gebietes und der Hangneigung beschränkt sich die Stickstoffmineralisierung jedoch auf kurze Perioden während der Vegetationszeit.



Abb. 3. Schneeheide-Waldföhren-Gesellschaft **R1** (19.8.1966)



Abb. 4. Perlgras-reiche montane Fichten-Gesellschaft **R2** (19.8.1966)

erwenden wir für die Pflanzen-
auch der Vegetationskarrierung
ibrigen folgen wir der Numerie-

3) auf einem etwa 45° nach NW
MAN und BACH als Subassozia-
ltigen Deltaschottern aus dem
Bodenprofil deutlich widerspie-
t ein humusreicher (22,97 %C),
r A₁, der ab ca. 15 cm Tiefe zu-
d und ab zirka 35 cm in den
e steigen entsprechend von 5,2
,84 % auf 0,12 beziehungsweise
!0°C Durchschnittstemperatur
eliefert werden. Angesichte der
beschränkt sich die Stickstoff-
Vegetationszeit.



1.1966)

R2: *Piceetum montanum melicetosum*

Auch dieser Bestand (Abb. 4) wurde von BRAUN-BLANQUET, PALLMANN und BACH 1954 beschrieben. Die Fichten stocken auf Schutthalden, in denen Silikatgesteine gegenüber Karbonat vorherrschen (TRÜMPY und SCHLUSCHE, 1972). Nach einem kompakten fasrigen Rohhumus-Horizont A₀ folgt ein etwa 5 cm dicker, humoser (12,56 % C) krümeliger A₁-Horizont mit pH-Werten zwischen 5 und 5,5. Mit der Tiefe nimmt auch hier das Grobmaterial rasch zu. Vereinzelt Quarzkörner im A₁-Horizont mögen eine Podsolierungstendenz andeuten. Einem pH-Wert von 7,3 in 30 cm Tiefe entsprechen die noch vorhandenen Karbonate (777 % Ca). Der Gesamtstickstoffgehalt geht von 0,53 % auf 0,12 % zurück. Unter günstigen Feuchtigkeitsverhältnissen und bei 20° C Durchschnittstemperatur könnte die Stickstoffmineralisation in der Woche 5 kg/ha Ammonium erreichen.

R3: *Violo-Alnetum incanae agrostidetosum albae*

R4: *Violo-Alnetum incanae saturejetosum*

Die beiden Grauerlengesellschaften liegen nur etwa 20 m weit voneinander entfernt in der Aue des Talbodens. Dabei befindet sich R3 auf etwas tieferem Niveau an einer Hoch- und Quellwasserrinne am Hangfuss und wird eher überflutet als R4. Die Fläche R4 (Abb. 5) erreichten dagegen nur die Spitzenhochwasser 1961 und 1962. Dabei wurde ein humoser A₁-Horizont überschüttet, wo die Durchwurzelung besonders stark war. Die pH-Werte in den neuen Feinsandaufschüttungen lagen zwischen 7,2 und 7,6. 1965 wurden unter optimalen Feuchte- und Temperaturbedingungen in diesem Rohboden bereits wieder über 3 kg/ha Nitratstickstoff wöchentlich mineralisiert.



Abb. 5. Saturei-reiche Veilchen-Grauerlen-Gesellschaft R4 (19.8.1966)

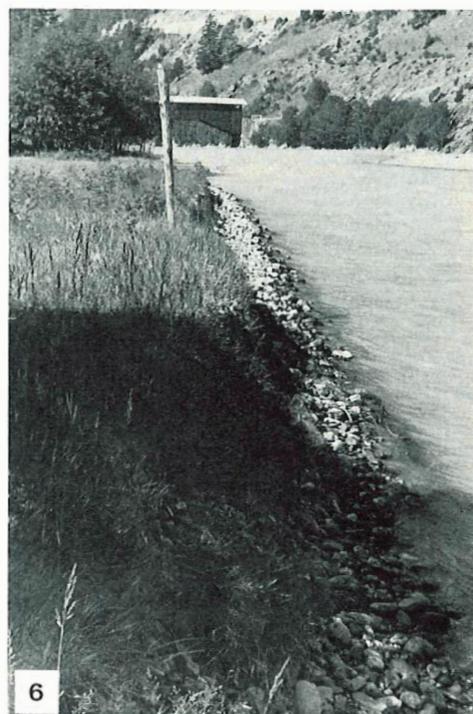


Abb. 6. Ackerkratzdistel-Reitgras-Gesellschaft R5 (31.8.1962); mittlere Wasserführung 62 m³/s

R5: *Cirsio-Calamagrostietum*

Das Areal dieser Untersuchungsfläche (Abb. 6) ist seit 1961 stark reduziert worden; die Verlagerung des Stromstrichs im Gefolge von Kiesgewinnungsarbeiten schob Jahr um Jahr die Uferabbruchkante weiter landeinwärts. Die Überflutungen anlässlich der Hochwasser, die im Durchschnitt alle 4 Jahre erfolgen, schütteten einen Miniatur-Ufenvall auf, der aus grobem Sand besteht. Er wird besonders von *Calamagrostis epigeios* immer wieder neu besiedelt und durch Wurzeln gefestigt, wobei sich die Bestände in den flachen, kleinen **Mulden** mit dem *Caricetum juncifoliae* verzahnen können. Regelmässige Viehweide behindert den Aufwuchs von *Alnus incana*. Das zunehmend grobkörnige **Bodenprofil** ist nur **30–50** cm mächtig und stockt auf **Flussschottern** wohl einer früheren Flussinsel. Nur knapp einen Monat **lang** im Sommer erreicht das Grundwasser den **Wurzelraum** des **Bodenprofils**.

R6: *Koelerio-Poetum xerophilae*

Auf anstehenden Gneisen hält sich unterhalb der Kantonsstrasse auf einem Hangabsatz zirka 50 m über dem Fluss ein Mosaik von Trockenrasen und Gebüschgesellschaften (besonders *Juniperetum sabiniae*). Seit den Sprengarbeiten beim Ausbau der Strasse schreitet die Verbuschung rasch fort: Grosse Felsbrocken haben das Gelände auch für Schafe ziemlich unwegsam gemacht. Das durchschnittlich nur 20 cm mächtige, oberflächlich verfilzte Bodenprofil ist gleichmässig intensiv durchwurzelt. Die kaffeebraune Farbe wird durch den von 13,8 % (0–10 cm Bodentiefe) nur auf 9 % in der Tiefe 10–20 cm sinkenden **Kohlenstoffgehalt** bewirkt. Auch das C/N-Verhältnis um 13 entspricht der günstigen **mullartigen Humusform** mit einem Gesamtstickstoffgehalt von **1,0** beziehungsweise 0,7 %. Die pH-Werte liegen bei 6,5. Unter optimalen Bedingungen (maximale **Wasserkapazität** und 20°C Durchschnittstemperatur) könnten in diesem Boden fast 20 **kg/ha** Stickstoff pro Woche mineralisiert werden; da jedoch am Standort ausreichende Bodenfeuchte mit kühler Witterung **beziehungsweise** hohe Bodentemperaturen mit starker **Bodenaustrocknung** gekoppelt sind, wird diese Leistung im Gelände sicher nicht erreicht.

R7: *Piceetum subalpinum myrtilletosum*

Oberhalb der Kantonsstrasse wurden auf einer altholocaenen Terrasse Innschotter von sehr grobblockigem Felssturzmaterial aus Tasna-Granit überschüttet (TRÜMPY und SCHLUSCHE, 1972). Auf diesem Blockmaterial hat sich trotz Südexposition ein *Piceetum subalpinum* angesiedelt, das **durch** seinen Moos- und Flechtenreichtum (Abb. 7) sofort als Besonderheit auffällt und an die von FURRER (1961, 1972) und MAYER (1961) beschriebenen **Kaltluftstandorte** erinnert. Soweit über dem Blockmaterial sandige bis **schluffige Feinerde** vorhanden ist, ist sie dicht **durchwurzelt**. Die **pH-Werte** liegen **zwischen 4,5** und **5,2**. Das **C/N-Verhältnis** weitet sich auf Werte um **25**.

R8: *Blockhalde (Galeopsi-Rumicetum)*

Nahezu frei von höheren Pflanzen ist die im mittleren Abschnitt der Blockhalde gelegene **Untersuchungsfläche**. Die **Felsblöcke** erreichen hier nur noch ausnahmsweise die Grösse von **etwa 1 m³**. **Keilförmig** erstrecken sich von oben her feinerdereichere Rippen und Mulden in das Blockfeld. Aber selbst diese sind angesichts der Hangneigung (**bis über 30°**) fast immer **rieselnd** in Bewegung und schon dadurch für Pflanzen schwer **besiedelbar**. Der pH-Wert liegt zwar bei 6,5; ein Feinerdeanteil von nur 44 % und Werte für **Gesamtkohlenstoff** von **0,48** beziehungsweise **Gesamtstickstoff** von **0,023 %** sprechen jedoch eher für schwierige Lebensbedingungen.

R9:
D
mit
ausb
zwise
Ober
dazu



7

Abb.
Abb.

R 11,
Mi
(Kap.
gehör
Resgi
Subas
geord
mess
(Abb.
nicht

1961 stark reduziert worden; Erntearbeiten schob Jahr Überflutungen anlässlich der, schütteten einen Miniatur- besonders von *Calamagrostis* In gefestigt, wobei sich die *etum juncifoliae* verzahnen s von *Alnus incana*. Das zugig und stockt auf Fluss- nat lang im Sommer erreicht

tonsstrasse auf einem Hang- ngrasen und Gebüschgesell- narbeiten beim Ausbau der sbrocken haben das Gelände hntlich nur 20 cm mächtige, iv durchwurzelt. Die kaffee- tiefe) nur auf 9 % in der Tiefe das C/N-Verhältnis um 13 n Gesamtstickstoffgehalt von (ter optimalen Bedingungen peratur) könnten in diesem rden; da jedoch am Standort gsweise hohe Bodentempera- d diese Leistung im Gelände

caenen Terrasse Innschotter it überschüttet (TRÜMPY und z Südexposition ein Piccetum ltenreichtum (Abb. 7) sofort 1, 1972) und MAYER (1961) m Blockmaterial sandige bis urzelt. Die pH-Werte liegen Werte um 25.

en Abschnitt der Blockhalde hier nur noch ausnahmsweise on oben her feinerdereichere l angesichts der Hangneigung dadurch für Pflanzen schwer nteil von nur 44 % und Werte ickstoff von 0,023 % sprechen

R9: *Juniperetum sabinæ*

Der oberste Teil der Plattamala-Halde ist trotz **Beweidung** noch stabil und vorwiegend mit *Juniperus sabinæ* bewachsen, der von Schafen nicht gefressen wird und sich daher ausbreiten konnte (Abb. 8). Der praktisch **kalkfreie** Boden zeigt zwar **pH-Werte** zwischen 6,5 und 7, der Feinerdeanteil geht aber bereits in 10 cm Tiefe von 63 % im **Oberboden** auf 36 % zurück. Zwischen 20 und 30 cm Tiefe sind es nur noch 28 %. Parallel dazu sinkt der **Humusanteil** von nur 1,9 über 1,3 auf 0,5 %.



Abb. 7. Heidelbeer-reiche subalpine Fichten-Gesellschaft, Blockvariante R7 (2.7.1963)



Abb. 8. Sefistrauch-Gesellschaft R9, Blick talaufwärts (23.9.1965)

R 11, 12: *Medicagini-Mesobrometum rhaeticum*

Mit den zusätzlichen Nummern R11 und R12 werden im **Mikroklimaabschnitt** (Kap. 4) zwei Untersuchungsflächen versehen, die nicht zum Untersuchungsgebiet i.e. S. gehören. Sie liegen linksufrig knapp einen Kilometer oberhalb der gedeckten Brücke von Resgia auf einer älteren Terrasse des Inns und wurden von ZOLLER (1974) der Subassoziation *agrostidetosum albae* des *Medicagini-Mesobrometum rhaeticum* zugeordnet. Der intensiven **Grossviehbeweidung** wegen mussten die **Verdunstungs-Dauer-** messstellen, an denen sich auch eine **meteorologische** Hütte befand, eingezäunt werden (Abb. 9). Während des Untersuchungszeitraums wurden diese Flächen von Hochwassern nicht erreicht.

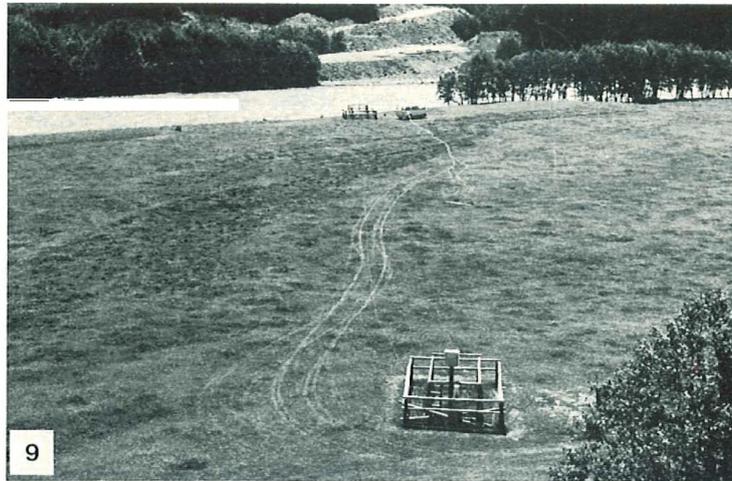


Abb. 9.
Fioringras-reiche
rhätische Sichelklee-
Trespen-Gesellschaft
R11 und R12
(29.6.1969)

Abb. 10 siehe Seiten 130/131

2.2. DER UNTERSUCHUNGSRaum STRADA (S)

Das Alluvialgebiet von **Strada** zeigt besonders anschaulich (HELLER, 1969) die starke Dynamik, der die Untersuchungsflächen im unmittelbaren Flussbereich unterworfen sind. Aus einem Zeitraum von 30 Jahren liegen Luftaufnahmen vor, die den Wandel und seine Ursachen eindrücklich dokumentieren (Abb. 10). Relativ tiefgelegene, frische, offene Sandflächen kontrastieren 1943 mit von Hochwald bewachsenen älteren «Ischlas» (Inseln). Aufgeteilt in zwei Hauptarme floss der Inn damals durch das Gebiet, in dem das Gefälle im Mittel nur $6,5\text{‰}$ beträgt. Bedrohliche Landverluste führten dann zu Flusskorrekturmassnahmen: Rechtsufrig wird eine Wuhre errichtet, linksseitig weist ein Damm das Wasser vom Dorf ab. Doch mit anscheinend um so grösserer Kraft räumt der quasi kanalisierte Inn mit den Hochwassern vom 17. September 1960 und 21. Juni 1961 – dasjenige vom September 1960 war mit zirka $600\text{ m}^3/\text{s}$ das bisher grösste des Jahrhunderts – das Auengebiet gründlich aus (siehe auch ELLENBERG, 1963). Seither sind zwar die offenen Flächen zum Teil wieder von Pflanzen natürlich besiedelt worden; der Einfluss von Sand- und Kiesausbeutungsanlagen überdeckt jetzt jedoch den künftig möglichen natürlichen Ablauf von Sukzessionen in den einzelnen Untersuchungsflächen. Bei der Darstellung der Untersuchungsergebnisse wird grossenteils auf die vergleichende Bearbeitung schweizerischer Flussauen (HELLER, 1969) zurückgegriffen.

2.2.1. Vegetation und Böden der Untersuchungsflächen

Die Untersuchungen konzentrieren sich – bedingt durch die Abflussverhältnisse – auf die waldartigen Vegetationseinheiten S3, S4, S5; dazu werden die Veränderungen der Vorstadien S1, S2, S8 kurz dokumentarisch belegt. Im Tallängsprofil gesehen, liegen dabei die grobkörnigsten Oberböden flussaufwärts im Untersuchungsraum, während flussabwärts, wo sich das Gelände zurzeit am relativ höchsten über den Wasserspiegel erhebt, das Bodenprofil nach oben zunehmend feinsandig bis schluffig wird (Abb. 11).



Abb. 9.
Fioringras-reiche
rhätische Sichelklee-
Trespen-Gesellschaft
R11 und R12
(29.6.1969)

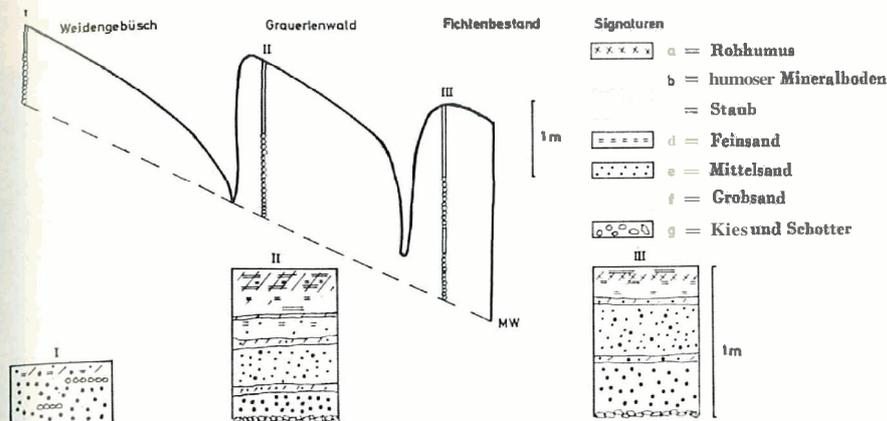


Abb. 11. Längsprofil durch den Untersuchungsraum Strada; I = S3, II = S4, III = S5 (aus Heller 1969)

S1, S2: Initialstadien und Salici-Myricarietum

Das Gelände liegt rechtsufrig im Strömungsschatten der oben erwähnten Wuhre. Zur Zeit der Auswahl der Flächen war in S1 ein Salici-Myricarietum vorhanden, S2 zeigte nur einige Initialstadien auf offenen Schuttflächen. Die Hochwasser vom Herbst 1960 und besonders Sommer 1961 veränderten diese Situation: Die **dünne Sandauflage wurde mit fast der gesamten Vegetationsdecke weggerissen**. Der Wind half nach, dass vom Schlickmaterial nichts liegen blieb (Abb. 12).



Abb. 12
Sandwolken über
den Alluvionen von
Strada (27.7.1962;
aus HELLER 1969)

Bis 1964 hatte *Myricaria* wieder Fuss gefasst (Ansamung von Weiden noch 1961; Tamarisken besonders 1962). 1969 konnte man ein Salici-Myricarietum wieder ansprechen. Da Störungen durch Überflutungen ausblieben, begannen 1975 in dem dicht

CTRADA (S)

ulich (HELLER, 1969) die starke
rareren Flussbereich unterworfen
nahmen vor, die den Wandel und
n. Relativ tiefegelegene, frische,
d bewachsenen älteren «Ischlas»
amals durch das Gebiet, in dem
Landverluste führten dann zu
re errichtet, linksseitig weist ein
um so grösserer Kraft räumt der
September 1960 und 21. Juni 1961
3/s das bisher grösste des Jahr-
ELLENBERG, 1963). Seither sind
natürlich besiedelt worden; der
deckt jetzt jedoch den künftig
einzelnen Untersuchungsflächen.
grossenteils auf die vergleichende
zurückgegriffen.

1
urch die Abflussverhältnisse – auf
werden die Veränderungen der
m Tallängsprofil gesehen, liegen
a Untersuchungsraum, während
höchsten über den Wasserspiegel
dig bis schluffig wird (Abb. 11).

Abb. 10. Luftbilder der Innauen bei Strada (zu S. 128)



Abb. 10a. Zustand vom 29. Juli 1943.

Unbeeinflusst durch wasserbauliche Massnahmen fliesst der Inn durch den Untersuchungsraum Strada ungehindert und ist in zwei Hauptarme gegabelt. Die Hauptstosskraft liegt im oberen Bereich des Sedimentationsbeckens; die Nebenarme sind durch die Schleppkraft deutlich nach unten verlagert. Eine Seitenansicht von 1935 zeigt ungefähr die gleiche Situation.



Abb. 10b. Zustand vom 8. Juli 1959.

Inzwischen wurde auf dem Südufer eine Wuhre gebaut. Auf dem Nordufer riegelt ein Damm den Flussarm ab, nachdem das Hochwasser von 1954 die rechtsufrige Waldfläche kräftig reduziert hatte.

Abb. 10c. Zustand im Juli 1959. Der Fluss ist durch den Damm auf dem Nordufer in zwei Hauptarme gegabelt. Die Hauptstosskraft liegt im oberen Bereich des Sedimentationsbeckens; die Nebenarme sind durch die Schleppkraft deutlich nach unten verlagert. Eine Seitenansicht von 1935 zeigt ungefähr die gleiche Situation.

Abb. 10d. Zustand im Juli 1959. Der Fluss ist durch den Damm auf dem Nordufer in zwei Hauptarme gegabelt. Die Hauptstosskraft liegt im oberen Bereich des Sedimentationsbeckens; die Nebenarme sind durch die Schleppkraft deutlich nach unten verlagert. Eine Seitenansicht von 1935 zeigt ungefähr die gleiche Situation.



Abb. 10c. Zustand vom 28. Juli 1965 ($112 \text{ m}^3/\text{s}$).

...mn durch den **Untersuchungsraum** Str...
 ...n Bereich des Sedimentationsbeckens; ...
 ...35 zeigt ungefähr die gleiche **Situation**...
 ...ngezwängt prallte der Inn mit erhöhter Stosskraft während der Hochwasser von 1960 und 1961 vor allem
 ...chtsufrig auf den Auenwald und **räumte** ihn weitgehend weg. **Linksufrig** wurde die **Uferlinie des Waldes** auf
 ... Höhe des Dammes zurückgenommen. Der alte Flussarm ist, soweit nicht für Kiesgewinnung genutzt,
 ...eder bewaldet (vgl. Abb. 17).

Aufnahmen der Eidg. Landestopographie, mit deren Bewilligung abgedruckt; nach Heller 1969, verän-
 ...ert und erweitert)



Abb. 10d. Zustand vom 14. August 1973 ($83 \text{ m}^3/\text{s}$).

dem **Nordufer** **riegelt** ein **Damm** den...
 ...ige Waldfläche kräftig reduziert hatte.
 ... Ausschnitt leicht gegen den Uhrzeigersinn gedreht -
 ...ensive **Kiesgewinnung** hat den zentralen Sedimentationsraum gründlich verändert und befahrbar
 ...macht. Auf den Sandbänken südlich des durch **Baggerung** vertieften Stromstrichs setzt eine pflanzliche
 ...iederbesiedlung ein.

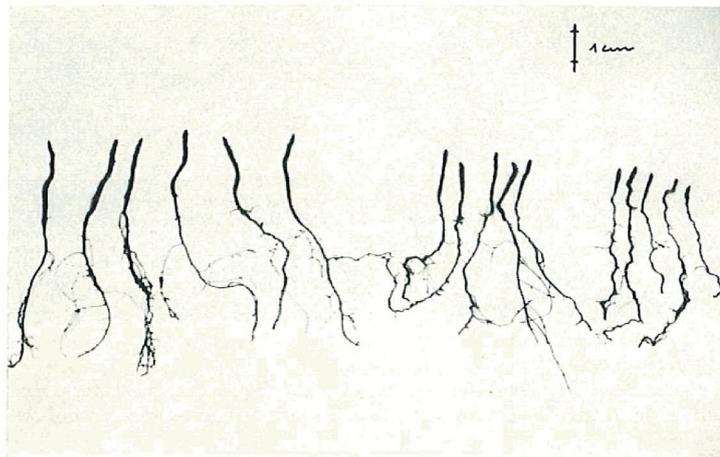
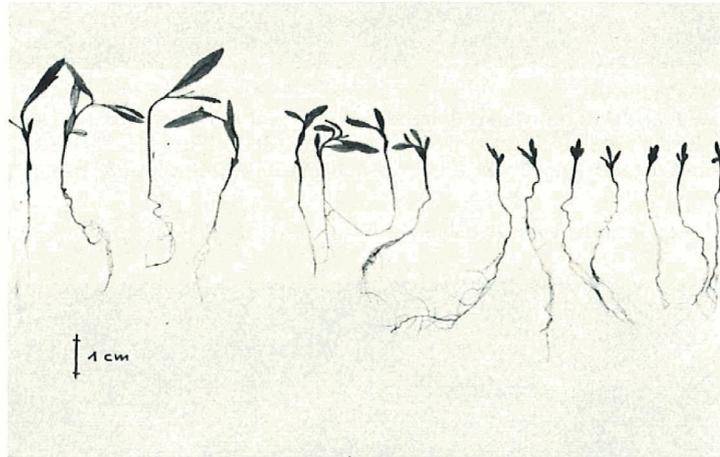
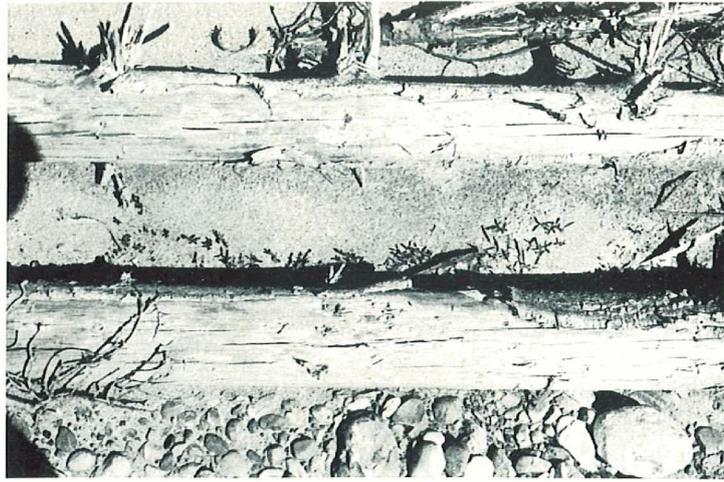


Abb. 13
Auf Initialstadien im
Schutz von Getreibe-
sel keimende Weiden
und Auswirkung
unterschiedlicher
Startbedingungen
auf ober- und unter-
irdische Entwicklung
(s. a. Kap. 4.3; aus
HELLER 1969)

ges
gen
San
Wa
übe
ling

klei
mit
gros

S3:

196
spie
gele
wir
noe
Mar

Abb.
Schr
bei M
Vert
Wass
Durr
mess

geschlossenen Bestand die wuchskräftigeren **Strauchweiden** die Vorherrschaft zu **erringen**. Eine analoge **Entwicklung** schildert HELLER 1969 von einer zentral gelegenen Sandaufschüttung. Dabei entschieden zufällig günstigere **Startbedingungen** (geringere Wasserspannung) häufiger als chemische und physikalische Eigenschaften des Bodens über Bestandeszusammensetzung und -entwicklung, wie am Beispiel der **Weidenkeimlinge** (Abb. 13, Tab. 2 aus HELLER, 1969) zu zeigen ist.

Tabelle 2 Mittleres Trockengewicht (mg) von Weidenkeimlingen verschiedener Wuchsorte (vergleiche Abbildung 13)

	Blätter	Oberirdische Teile ohne Blätter		Unterirdische Teile	
	29.8.1961	29.8.1961	17.10.1961	29.8.1961	17.10.1961
klein	8,3	10,0	10,0	10,0	16,6
mittel	35,0	15,0	22,0	10,0	20,0
gross	55,0	27,5	50,0	12,5	55,0

(aus HELLER, 1969)

S3: *Salicetum elaeagno-daphnoidis*

Alle drei Auenwaldgesellschaften waren durch die Spitzenhochwasser von 1960 und 1961 in ihrem Areal stark beschnitten und vom Festland getrennt worden. Dabei spiegelt die Korngrössenzusammensetzung des Oberbodens wider, dass auf den höher gelegenen Standorten **infolge** nachlassender **Schleppkraft** feineres Material abgelagert wird. **Überhaupt** werden erst bei Hochwasser Geschwindigkeiten erreicht, die Sande noch zu transportieren vermögen, wie man aus Messungen des EAW zum Beispiel bei Martina (Abb. 14) oder an der Aare (HELLER, 1969) **schliessen** kann. Andererseits **ent-**

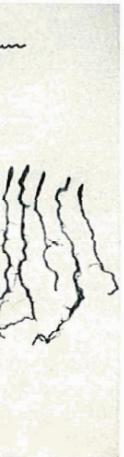
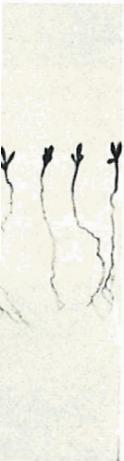
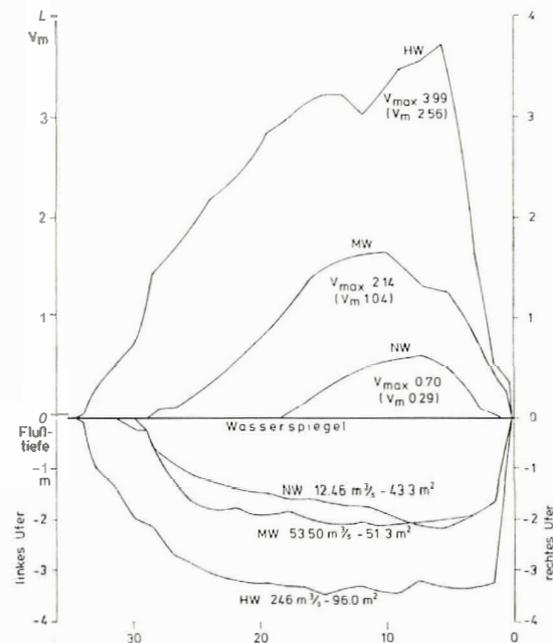


Abb. 13
Auf Initialstadien im Schutz von Getreisel keimende Weiden und Auswirkung unterschiedlicher Startbedingungen auf ober- und unterirdische Entwicklung (s. a. Kap. 4.3; aus HELLER 1969)

Abb. 14.
Schnitt durch ein Pegelprofil am Inn bei Martina. Angegeben ist die Verteilung der Geschwindigkeiten und Wasserstände bei bestimmten Durchflussmengen (nach Wassermessungen des EAW).



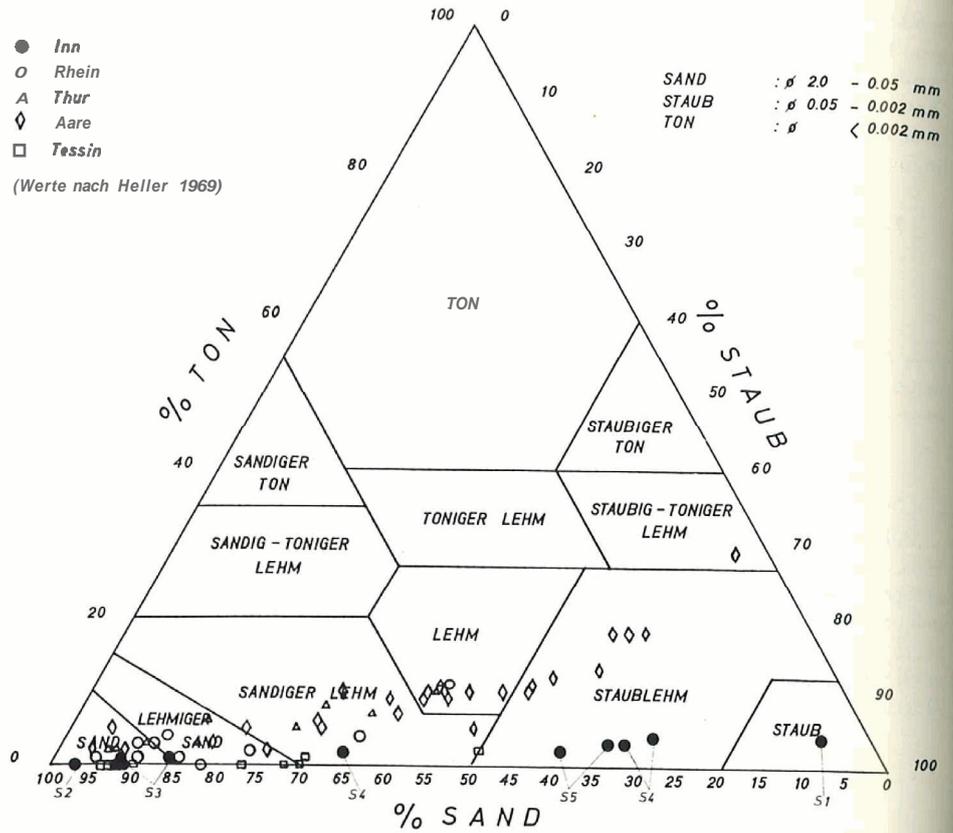


Abb.15. Korngrößenverteilung von Oberböden im Untersuchungsraum Strada, verglichen mit Böden anderer Alluvialgebiete.

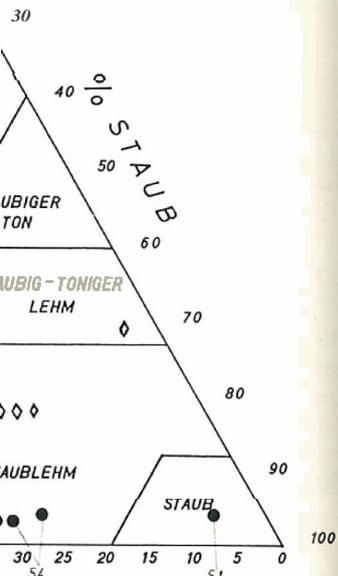
Tabelle 3 Bodeneigenschaften in den Untersuchungsflächen von Strada

	Bodentextur			Name	Dichte ρ_a	Poren- volumen cm^3/dm^3	Humusgehalt Gew. %
	% Sand	Staub	Ton				
S3	85	14	1	Is	1,41	457	
	92	7	1	S			
S4	30	67	3	StL	0,92	647	2,9
	26	70	4	StL			2,0
S5	32	65	3	StL	1,18	546	1,0
	38	60	2	StL			0,8

(aus HELLER, 1969)

spricht es der Oberlaufsituation, dass der **Tonanteil** im Boden äusserst gering ist (Abb.15, Tab.3). Die aus frischen Ablagerungen stammenden Werte **S1** und **S2** markieren die Spanne der **Körnung** des Bodens. Die Lagerung des Bodens ist noch sehr kompakt; Humus ist noch kaum nachweisbar. **Überschüttungen** mit Sand (Herbst 1960) sind schon nach kurzer Zeit (26. Mai 1961) wieder **durchwurzelt** (Abb.16). Die **pH-Werte** halten sich durchwegs im **alkalischen** Bereich (Tab.4).

SAND : \varnothing 2,0 - 0,05 mm
 STAUB : \varnothing 0,05 - 0,002 mm
 TON : \varnothing < 0,002 mm



Untersuchungsraum Strada, verglichen mit

Standflächen von Strada

Standfläche	Porenvolumen cm^3/dm^3	Humusgehalt Gew. %
457		
647	2,9	2,0
546	1,0	0,8

(aus HELLER, 1969)



Abb.16. Frisch durchwurzelt Sandaufschüttungen des Hochwassers vom Herbst 1960 (26.5.1961).

Tabelle 4 pH-Werte im Untersuchungsraum bei Strada

	2.5.	11.6.	12.7.	30.8.	13.11.
1962					
Inn	7,80	7,65	7,75	7,90	7,80
S3	7,65	7,45	7,65	7,70	7,55
S4	7,40	7,35	7,40	7,65	7,35
S5	7,45	7,50	7,40	7,65	7,35

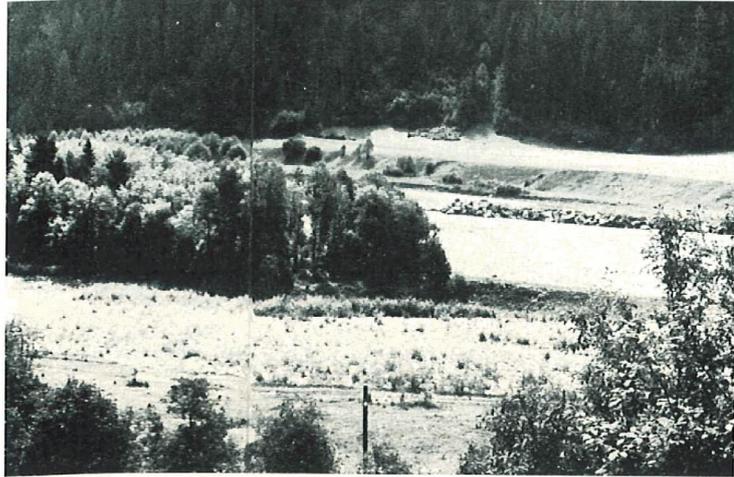
(aus HELLER, 1969)

S4: Alnetum incanae

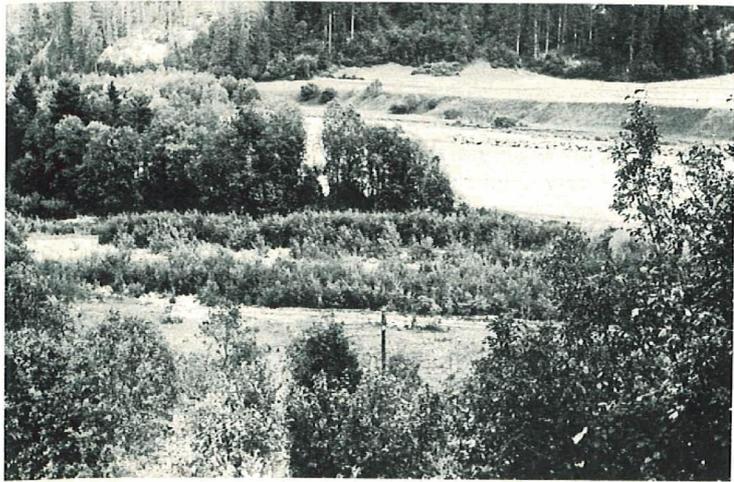
ZOLLER (1974) hat das aus diesem Gebiet beschriebene *Violo-Alnetum incanae* in zwei Subassoziationen gegliedert, die er *agrostidetosum albae* und *saturejetosum* nennt. BRAUN-BLANQUET hat 1975 die **Grauerlengesellschaften** im Anengebiet von Strada als *Agropyro-Alnetum incanae* neu gefasst und einer **Subassoziation violetosum biflorae** zugeordnet. Der **Überschwemmung unmittelbar** ausgesetzt und darum **schluffärmer** ist in Strada die erste Subassoziation. Schotter steht in beiden Profilen erst in über ein Meter Tiefe an. Darüber wechseln sich Sandlagen verschiedener Körnung ab; es finden sich auch überdeckte Humushorizonte, die besonders intensiv durchwurzelt sind. Der Humusgehalt im Oberboden ist deutlich höher. Insbesondere die zweite Subassoziation ist in der Lage, Stickstoff in einem Ausmass zu mineralisieren, wie es anderen Grauerlenuen entspricht (HELLER, 1969), und vermag dabei im Jahr am Standort Werte bis knapp 100 kg/ha zu erreichen, wenn neue **Sandüberführungen** die **Bodenentwicklung** nicht stören.

S5: Piceetum montanum angelicetosum

Der Standort dieser Gesellschaft, deren Fichten gemäss Jahrringzählungen sich etwa 1920 angesamt haben dürften, liegt heute am höchsten über dem Wasserspiegel des Inns. 1960 hat das Spitzenhochwasser auch hier noch schluffiges Material abgelagert, wodurch die relativ hohen pH-Werte im Boden (1962) zu erklären sind. Vielleicht liegt es an zeitweiligen Verengungen des Talquerprofils und der dadurch erhöhten Schleppkraft des Flusses, dass im Bodenprofil auch ziemlich grobkiesige Schichten zwischengelagert sind. Die Feinwurzeln der Fichten finden sich allerdings fast nur im frisch überdeckten Moderhorizont. Im Konkurrenzkampf sind die Grauerlen und Weiden allmählich abgestorben, wobei Holznutzung und Viehweide die Nadelbäume direkt und indirekt eher begünstigten.



a)



b)

S8: Al
In
fünfzig
geeign
etwas
Günsti
aufla

Abb. 17
Entwick
Grauerl
S8 (nac
1969, er
a) 3. 8. 1
b) 12. 7.
c) 1. 8. 1
d) 7. 8. 1

emäss Jahrringzählungen sich
ten über dem Wasserspiegel des
schluffiges Material abgelagert,
erklären sind. Vielleicht liegt es
dadurch erhöhten Schleppkraft
ige Schichten zwischengelagert
fast nur im frisch überdeckten
en und Weiden allmählich ab-
bäume direkt und indirekt eher



a)



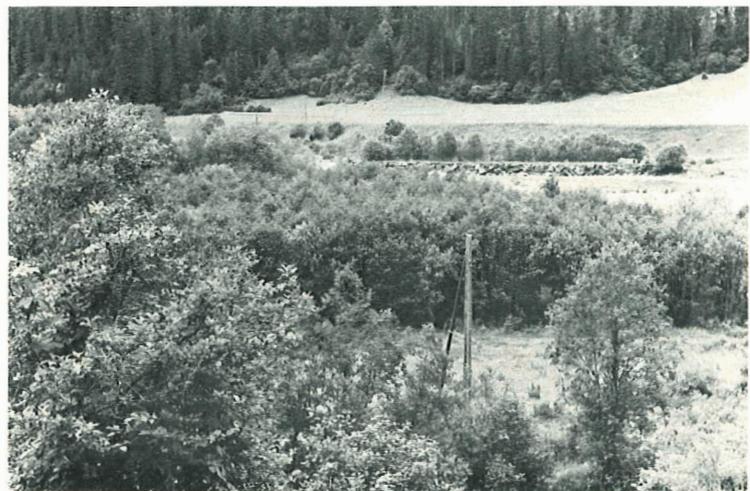
b)

S8: *Alnetum incanae* auf Geröll

In dem etwas schattigen ehemaligen Flussbett hinter dem Damm, der Ende der fünfziger Jahre linksufrig errichtet wurde, fand die Grauerle zwischen dem Grohschlotter geeignete, kaum von Konkurrenz bedrohte Keimbedingungen (vgl. HELLER, 1969). In etwas mehr als zehn Jahren hat sie dieses Gelände vollkommen bewaldet (Abb. 17). Günstige Zersetzungsbedingungen führten rasch zur Entwicklung einer schmalen Mullauflage.



c)



d)

Abb. 17
Entwicklung des
Grauerlenbestandes
S8 (nach HELLER
1969, erweitert)
a) 3.8.1960
b) 12.7.1962
c) 1.8.1964
d) 7.8.1974

3. Die Wasserführung des Inns im Untersuchungsraum S

Werden und Wandel der **Untersuchungsflächen** im Raum Strada sind aufs engste mit der **Arbeit des Inns** verknüpft, wobei sich die folgenden Ausführungen auf das alte **Abflussregime** (bis 1970) beziehen. Der Inn zeigt hier dank des bis in die Gletscherregion reichenden Einzugsgebiets ein **nivo-glaziales** Abflussregime, dessen mittlerer Abfluss im **Juni (2. Monatshälfte)** kulminiert (WALSER, 1968). Seine Spitzenhochwasser können allerdings bis in den Herbst hinein auftreten, was auf die Nähe des insubrischen Klimagebiets zurückzuführen ist. Die **Darstellung** der Häufigkeit der Abflussmengen

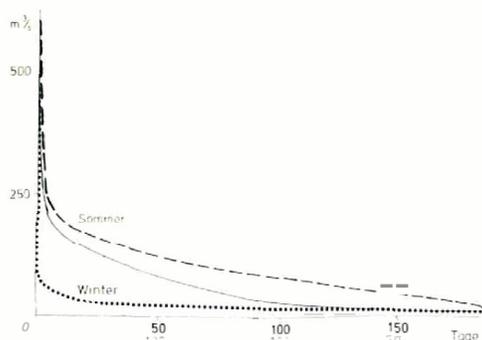


Abb. 18.
Dauerlinien der Abflussmengen in Martina (Periode 1904–1962), getrennt nach Sommer- (1.5.–31.10.) und Winterhalbjahr (1.11.–30.4.).

(Abb. 18) zeigt, dass im Winterhalbjahr keine nennenswerten Erhöhungen des Abflusses zu erwarten sind. Für die Charakterisierung des Abflussgeschehens verwenden wir die Abflussmengen der nahegelegenen hydrometrischen Station Martina (1030 m ü. M.). Wie sich aus Vergleichsmessungen mit dem Hilfspegel San Niclò (Raum Strada) ergab (WALSER, 1968), können die Werte gut übertragen werden. Die Mengenangaben sind zudem von den Änderungen der Flussbettform unabhängig. Tabelle 5 fasst wichtige Kennwerte des Abflusses zusammen. Aus der Geländebeobachtung ist abzuleiten, dass

Tabelle 5 Kennwerte des Abflusses in Martina

	m ³ /s	Andauer in Tagen	
HH	600	1	oberster Grenzwert der Periode (1904–1962)
MHj	396	2	Mittel aller Jahreshöchstwerte (1951–1960)
MHm	156	30	arithmetisches Mittel der oberen Grenzwerte aller Monate (1951–1960)
M	59	130	Mittelwert (aller Monatsmittel) (1951–1960; 1904–1962: 58)
Z	32	182	Zentralwert der Periode (1904–1962)
NN	10,3	365	unterster Grenzwert der Periode (1904–1962)
MHSj	396	2	Mittel der jährlichen Höchstwerte 1.5.–31.10. (1951–1960)
MHSm	201	9	Mittel aller monatlichen Höchstwerte 1.5.–31.10. (1951–1960)
MS	96	75	Mittelwert aller Monatsmittel 1.5.–31.10. (1951–1960)
ms	125	45	Mittelwert aller Monatsmittel 1.6.–31.8. (1951–1960)

(nach HELLER, 1969)

Untersuchungsraum S

um Strada sind aufs engste mit den Ausführungen auf das alte Bett des bis in die Gletscherregion zurückzuführen, dessen mittlerer Abfluss im Sommer, dessen mittlerer Abfluss im Winter, dessen Spitzenhochwasser können auf die Nähe des insubrischen Hochwassers zurückzuführen. Häufigkeit der Abflussmengen

Die Abflussmengen in Strada (Periode 1904–1962), getrennt nach Sommer- (1.5.–31.10.) und Winter- (1.11.–30.4.)

Die Erhöhungen des Abflusses im Sommer (1951–1960) verwenden wir die Daten von Martina (1030 m ü. M.). Wie die Daten von Niclè (Raum Strada) ergaben, die Mengenangaben sind ungenügend. Tabelle 5 fasst wichtige Beobachtungen ab, dass

Martina

Periode (1904–1962)
 Mittelwerte (1951–1960)
 oberer Grenzwert aller Monate
 Mittel (1951–1960; 1904–1962: 58)
 (1904–1962)
 Periode (1904–1962)

Höchstwerte 1.5.–31.10. (1951–1960)
 Höchstwerte

Mittel 1.5.–31.10. (1951–1960)
 Mittel 1.6.–31.8. (1951–1960)
 (nach HELLER, 1969)

das Flussbett auch bei einem Wasserstand, der dem Mittel der oberen Grenzwerte aller Sommermonate entspricht, noch nicht ganz gefüllt ist (Abb. 19). Das weist darauf hin, dass unter den gegebenen Oberlaufverhältnissen Fließgeschwindigkeit und Geschiebetrieb für die Ausformung und Besiedlung der Alluvialräume grosse Bedeutung zukommen.

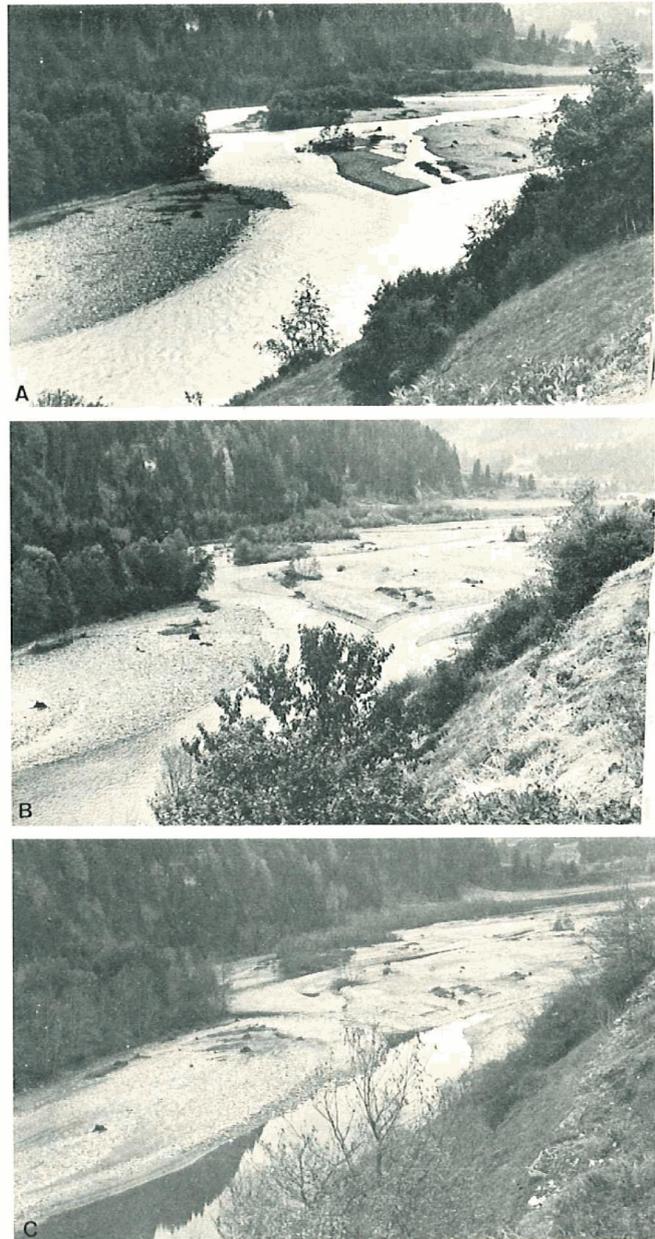


Abb. 19.
 Wasserbedeckung des Untersuchungsraums Strada bei verschiedenen Abflussmengen:
 A) 147 m³/s (11.7.1962);
 B) 23 m³/s (17.10.1961).
 C) 19 m³/s (13.11.1962).

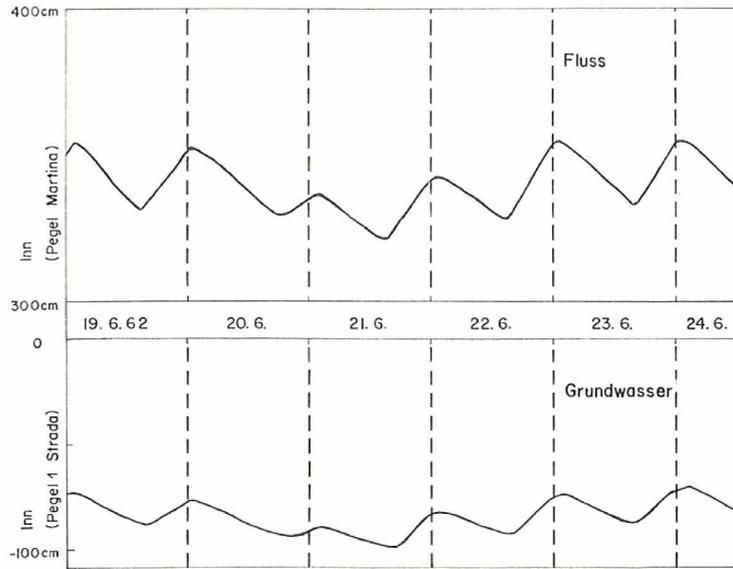


Abb. 20. Tagesschwankungen von Fluss- und Grundwasser im Untersuchungsraum Strada (Pegel 1 \cong S 4a von Tab. 6; aus HELLER 1969)

Da Überflutungshöhe und -dauer wegen ihrer Kurzfristigkeit also nur von begrenztem Einfluss auf das Vegetationsmosaik sein können, wurden im Untersuchungsraum Grundwassermessstellen eingerichtet, für die der Hilfspegel San Nicl  eine gute Eichmöglichkeit bot. Ausserdem stellte das EAW einen Grundwasserschreibpegel zur Verfügung, mit dessen Hilfe insbesondere beobachtet werden konnte, dass der Grundwasserspiegel den täglichen, strahlungsbedingten Abflussschwankungen hier nahezu unverzögert folgt (Abb. 20, 21). Ähnlich wie am Pegel San Nicl  (WALSER, 1968) ließen sich Veränderungen der Beziehung Grundwasserstand: Abflussmenge im Lauf der Zeit feststellen, was bei dem labilen Gesamtquerprofil des Akkumulationsbeckens nicht verwunderlich ist. Wiederholte Uferabbrüche hatten die Verlegung der Station notwendig gemacht.

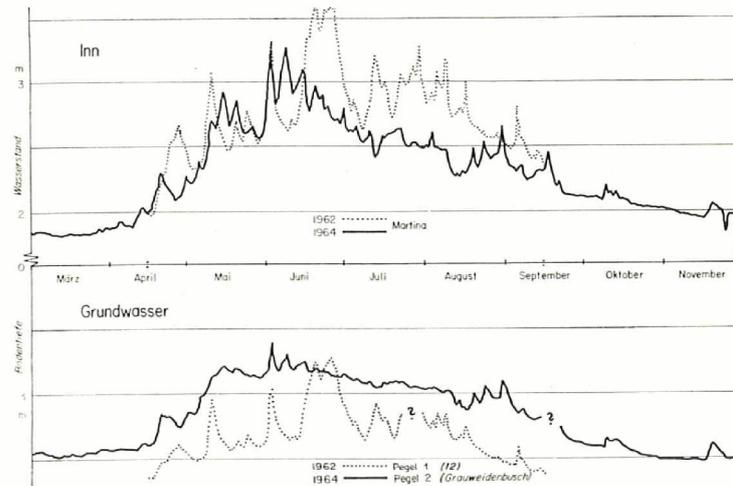


Abb. 21. Jahresgang des Fluss- und Grundwasserstands im Untersuchungsraum Strada (Pegel 1 \cong S4a, Pegel 2 \cong S3a von Tab. 6, ? \cong Messwerte fehlen; aus HELLER 1969)

3.1.
Stel
suchun
 kologi
währt
steht.
werde
gen, au
Stunde
Bewegu
Funktio
Nieders
abfluss

S1 Salic
S2 Initia
S3 Sal. d
S3a (Peg
S4a (Peg
S4 Aln.
S5a
S5 Picee
(H = <

Inne
Wassers
(Tab. 6)
Standor
1969).

Abb. 22.
Beziehun
täglichen
pegelable
und Abfl
1961-196
1964 und

3.1. DAS ABFLUSSGESCHEHEN BEI DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

Stellt man gewisse Parameter des **Flusswasserstands** für die einzelnen **Untersuchungsflächen** im Raum Strada zusammen, so fällt auch hier sogleich auf, dass die **ökologische Bedeutung** der **Überflutungsdauer** nur gering sein kann. Im Durchschnitt währt es **jährlich nirgends** 24 Stunden, dass eine Untersuchungsfläche unter Wasser steht. Ist die Dauer der **Überflutung** auch gering, so muss doch um so mehr betont werden, dass die **grosse** Strömungsgeschwindigkeit bei kurzfristigen **Überschwemmungen**, auch wenn das Gefälle dabei im Sedimentationsraum verringert wird, schon binnen Stunden die **groben** Sande und Kiese des ganzen Bodenprofils aufweichen und in Bewegung bringen kann. Der mitgeführte Schwebstoff ist allerdings nicht nur eine Funktion von Abflussmenge beziehungsweise Strömungsgeschwindigkeit. Kurze heftige Niederschläge können auch bei relativ niedrigen **Abflusswerten** durch **Oberflächenabfluss** zu hohen Schwebstoffgehalten, vor allem **schluffiger** Zusammensetzung führen.

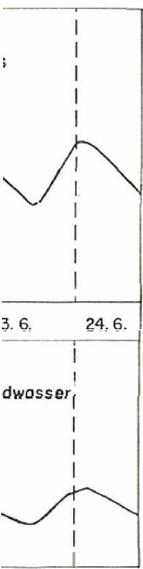


Abb. 20. Tagesschwankungen von Fluss- und Grundwasser im Untersuchungsraum Strada (Pegel 1 $\hat{=}$ S 4a von Tab. 6; aus HELLER 1969)

istigkeit also nur von begrenztem wurden im Untersuchungsraum pegel San Niclà eine gute Eich- grundwasserschreibpegel zur Ver- werden konnte, dass der Grund- flussschwankungen hier nahezu San Niclà (WALSER, 1968) liessen : Abflussmenge im Lauf der Zeit : Akkumulationsbeckens nicht ver- Verlegung der Station nottwendig

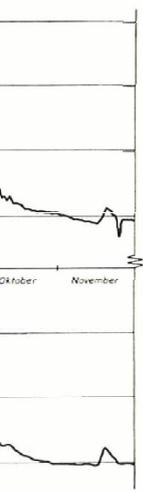


Abb. 21. Jahresgang des Fluss- und Grundwasserstands im Untersuchungsraum Strada (Pegel 1 $\hat{=}$ S4a, Pegel 2 $\hat{=}$ S3a von Tab. 6, ? $\hat{=}$ Messwerte fehlen; aus HELLER 1969)

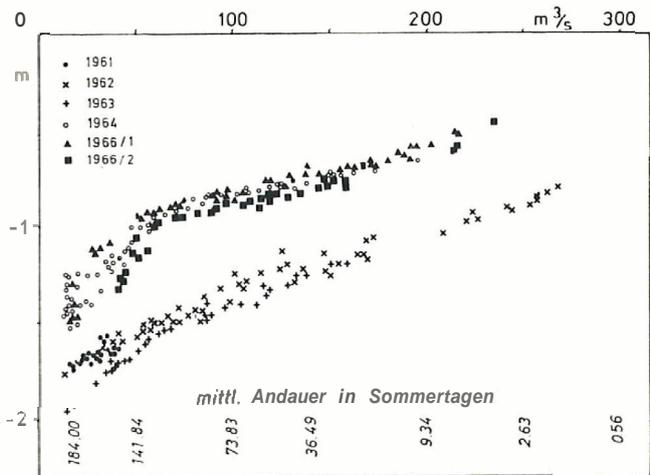
Tabelle 6 Wasserstandsverhältnisse in den Untersuchungsflächen

	Andauer des Wasserstandes Überflutung	Tage/Jahr		Grundwasser in ... m Tiefe bei	
		-50 cm	-100 cm	MW (58)	MSW (96)
S1 Salici-Myricarietum	H	23	180	0,6	0,5
S2 Initialstadien	H	23	180	0,6	0,5
S3 Sal. el.-daphn.	H	7	171	0,9	0,6
S3a (Pegel 2)	H	3	125	1,0	0,9
S4a (Pegel 1)	H	H	12	1,4	1,2
S4 Aln. inc. i. w. S.	HH	H	H	2,0	1,5
S5a	HH	H	H	2,0	1,8
S5 Piceetum mont. ang.	HH	H	H	2,7	2,0

(H = <1 Tag; HH = nur bei Spitzenhochwassern)

Innerhalb des begrenzten Raums eines **Alluvialgebiets** lässt sich im Hinblick auf die **Wasserstände** eine gewisse Gruppierung mit Hilfe von Parallellflächen vornehmen (Tab.6). Zieht man auch andere **Fluss-** und **Klimagebiete** zum Vergleich heran, wird die **Standortvarianz grösser**, unter der sich die gleichen Gesellschaften finden (HELLER, 1969). Deutlich voneinander verschieden sind die **Wasserspiegelschwankungen** der

Abb. 22. Beziehung zwischen täglichen Grundwasserpegelablesungen in Strada und Abflussmengen in Martina; -2 1961-1963: Pegel 1, 1964 und 1966: Pegel 2.



beiden Grundwasser-Pegelstationen (Abb.22). Im Salici-Myricarietum S1 ist das Grundwasser selbst bei MSW erst in 50 cm Tiefe anzutreffen; auf gleicher Höhe liegen die Initialstadien der Auenvegetation. Aber auch das Salicetum clacagno-daphnoidis (S3) kann dort gedeihen. Im Alnetum (S4) und Piceetum (S5) sinkt der Grundwasserstand bei MSW auf etwa 1,5 m, bei MW bis auf über 2 m Tiefe ab. Durchfeuchtungen des Profils sind nur während der sehr kurzzeitigen Hochwasser zu erwarten. Angesichts des geringen kapillaren Aufstiegs in groben Sanden kann eine nennenswerte Wasserversorgung durch den Fluss nicht mehr erwartet werden.

Es wurde bereits darauf verwiesen, dass für die Ausbildung der verschiedenen Gesellschaften zufällige Ansamungs- und Entwicklungsmöglichkeiten mindestens so wichtig sind wie durchschnittliche Wasserstandsverhältnisse. Schematische Querschnitte, wie sie etwa MOOR (1958) darstellt, werden den Standortbedingungen der Pflanzengesellschaften im allgemeinen nicht gerecht (HELLER, 1969).

4. Klimatologische Untersuchungen

4.1. DAS LOKALKLIMA DER UNTERSUCHUNGSRÄUME

Auf die Besonderheiten des Unterengadiner Klimias, vor allem im Vergleich zum Mittelland, haben LÜDI (1966), MÖRIKOFER (1969) und UTTINGER (1968) bereits hingewiesen. Trockenheit der Luft, Niederschlagsarmut und starke Sonneneinstrahlung sind seine Hauptkennzeichen. Die Vegetationszeit nach GENSLER (1946) ist mit 174 Tagen in Scuol (Jahresmitteltemperatur $4,8^{\circ}\text{C}$) über einen Monat kürzer als in Zürich ($8,8^{\circ}\text{C}$ und 213 Tage). Eine ähnliche Spanne liegt nach den phänologischen Beobachtungen zwischen Hufattichvollblüte und erstem Reif (Schweizer MZA, Annalen).

Die Untersuchungsräume selbst ähneln wegen des enger werdenden Tales hinsichtlich des Lokalklimas eher Martina als Scuol. Strada liegt ähnlich tief im Tal und die Bedingungen im V-förmig engen Einschnitt des Querprofils von Plattamala gleichen ebenfalls mehr der Situation von Martina.

Da in den Untersuchungsräumen nur an Strahlungstagen gemessen wurde und das Messhüttenklima im ganzen Untersuchungsraum relativ ähnlich ist, seien die mittleren Unterschiede Scuol:Martina an Hand kurzzeitiger Sonderbeobachtungen zusammengefasst, die die MZA in Martina ermöglichte (Abb. 23). Morgens (7.30) ist es in Martina bis 2°C kühler; die relative Luftfeuchtigkeit liegt bis 10 % über derjenigen von Scuol. Auch mittags bleibt es feuchter (bis 5 %); im Mittel werden aber die Temperaturen von Scuol fast erreicht, an Strahlungstagen im Juli und August auch übertroffen. Abends (21.30) ist es in Martina im Mittel fast immer (bis 1°C) wärmer; die Luft bleibt aber feuchter. Im Jahresgang bleibt auch die absolute Feuchte der Talstation höher, das Sättigungsdefizit dementsprechend niedriger. Bei den beobachteten Minimalwerten der relativen Feuchte ist es in Scuol nur wenig trockener als in Martina. Ähnlich verhält es sich mit den Maxima und Minima der Lufttemperaturen: In Scuol ist es in beiden Fällen etwas wärmer.

Für den Untersuchungsraum R bringt Abb.24 einen Vergleich mit Scuol für die Terminwerte 7.30 und 13.30 hinsichtlich relativer Feuchte und Lufttemperatur an einzelnen Mess(strahlungs)tagen. Auch hier (R1-R6) ist es morgens deutlich kühler und feuchter als in Scuol. Mittags gleichen sich die Temperaturwerte ziemlich an und liegen zum Teil etwas darüber. Die Feuchtwerte bleiben im Durchschnitt noch etwas höher, zeigen aber eine starke Auffächerung, wohl entsprechend den Transpirationsverhältnissen auf den Untersuchungsflächen.

lici-Myricarietum S1 ist das
 fen; auf gleicher Höhe liegen die
 etum elaeagno-daphnoidis (S3)
 (5) sinkt der Grundwasserstand
 tiefe ab. Durchfeuchtungen des
 ser zu erwarten. Angesichts des
 ne nennenswerte Wasserversör-

ldung der verschiedenen Geell-
 chkeiten mindestens so wichtig
 ichematische Querschnitte, wie
 Bedingungen der Pflanzengesell-

chungen

UCHUNGSRÄUME

s, vor allem im Vergleich zum
 I **UTTINGER** (1968) bereits hin-
 und starke Sonneneinstrahlung
 h **GENSLER** (1946) ist mit 174
 nen Monat kürzer als in Zürich
 a den phänologischen Beobach-
 (Schweizer MZA, Annalen).

er werdenden Tales hinsichtlich
 t ähnlich tief im Tal und die
 profils von Plattamala gleichen

tagen gemessen wurde und das
 7 ähnlich ist, seien die mittleren
 nderbeobachtungen zusammen-
 Morgens (7.30) ist es in Martina
 0% über derjenigen von Scuol.
 den aber die Temperaturen von
 ugust auch übertroffen. Abends
) wärmer; die Luft bleibt aber
 ichte der Talstation höher, das
 beobachteten Minimalwerten der
 s in Martina. Ähnlich verhält es
 ren: In Scuol ist es in beiden

en Vergleich mit Scuol für I
 euchte und Lufttemperatur In
 es morgens deutlich kühler und
 turwerte ziemlich an und liegen
 Durchschnitt noch etwas höher,
 end den Transpirationsverhält-

Tabelle 7 Geographisch mögliche Sonnenscheindauer (in Stunden)

	Jan.	Febr.	März	April	Mai	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dez.	V-VIII Jahr	%	Tage/Jahr ohne Sonne Mittags- sonne
R1	108,3	186,6	251,8	311,3	313,7	319,7	385,0	210,0	143,8	30,0	1229,7	2160,2	57	81	139
R2	10,9	153,0	215,3	271,4	291,1	288,9	351,2	180,5	63,9		1102,6	1726,2	64	124	150
R5	94,3	213,8	263,6	306,2	310,9	311,9	390,8	231,3	162,6	4,0	1219,8	2189,4	56	97	97
R6	80,2	187,7	235,6	266,3	299,3	308,6	387,5	243,5	215,5	145,0	1205,0	2578,8	47	50	50
R9	159,2	204,8	246,6	266,6	319,8	326,0	333,3	389,9	249,0	231,3	185,7	144,3	43	-	31

Zum Vergleich:

Seuol:

geogr.
 möglich
 wirklich
 %

164	212	293	343	394	403	407	371	312	257	182	146	1575	3484	45
79	109	157	175	186	197	219	201	172	134	86	68	803	1783	45
48	51	54	51	47	49	54	54	55	52	47	47			51

Zürich

geogr.
 möglich
 wirklich
 %

249	265	345	385	435	444	447	416	355	314	253	237	2411	4145	58
46	79	149	173	207	220	238	219	166	108	51	37	1158	1693	68
18	30	43	45	48	50	53	53	47	34	20	16			41

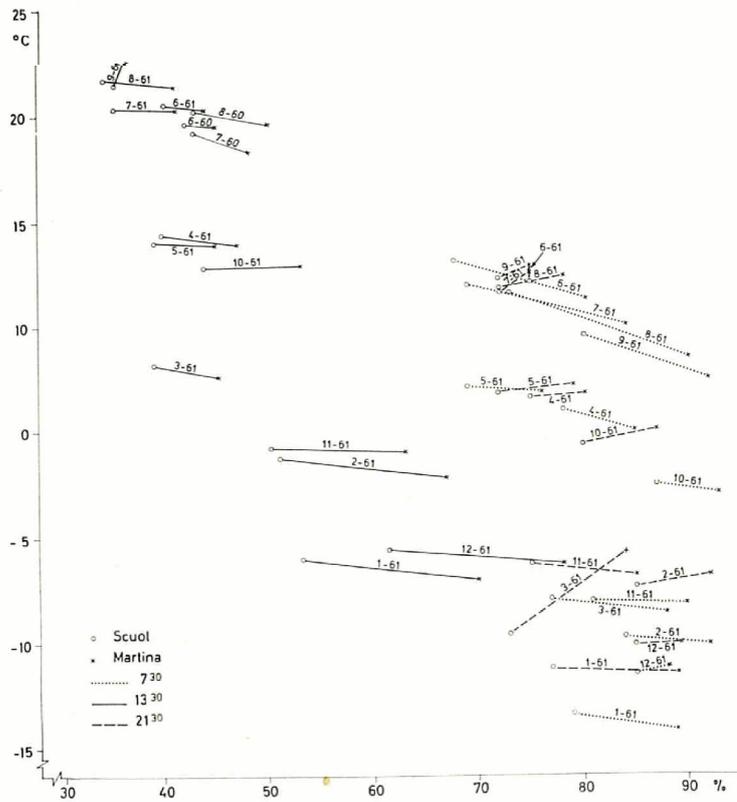


Abb. 23. Beziehungen zwischen Monatsmitteln der meteorologischen Terminbeobachtungen von Lufttemperatur und -feuchte in Seoul und Martina (mit Angabe von Monat und Jahr).

Die relativ günstigere, bevorzugte Lage der Siedlung Seoul wird am deutlichsten, wenn wir die Zeiten der geographisch möglichen Sonnenscheindauer – sie wurde mit dem Tagbogenmesser von Wierzejewski ermittelt (THAMS und ZENONE, 1952) – den Werten von Plattamala gegenüberstellen (Abb. 25, Tab. 7): Wie schon in Abbildung 2 – und in jedem N-S-Profil (vgl. zum Beispiel LAUSCHER, 1937) – haben Schattenhänge (R1, R2) und Talboden (R5) wesentlich niedrigere Jahressummen als die sonnigen S-Hänge (R6, R9; Seoul). BAUMGARTNER (1960), DIRMHIRN (1964) und andere weisen aber mit Recht

Tabelle 8 Zirkumglobalstrahlung (Bellani), 23.6.1967

	cal/cm ²	%
R1	75,09	32
R2	14,49	6
R6	253,89	107
R11	237,33	100
R12	229,34	97

darauf
Vegeta
Sonnen
wenn r
LEE, 19
genomm
Tabelle
von Se
wirklich
«Tagen
denjeni
telte.

Abb. 24.
Vergleich
13.30 U
Luftfeuc
Ramosch
(in Proze

4.2. M
Mikr
das heis
Wind an
nicht ein
Differen
Für
Bodenof
Flussnä
(Abb. 26

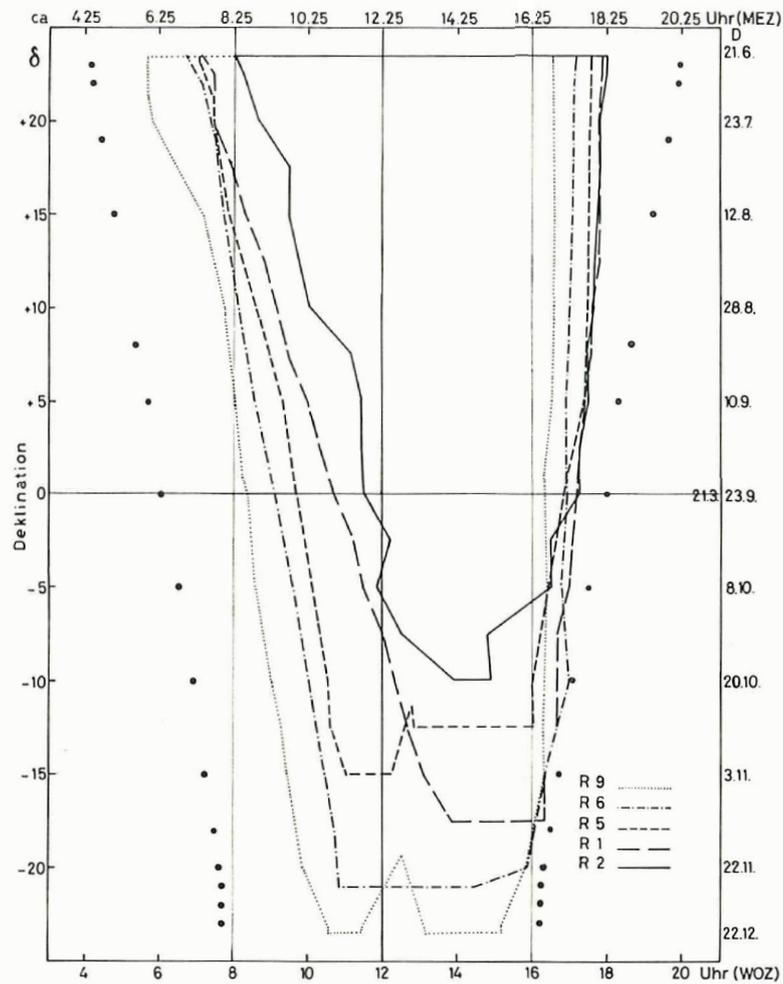
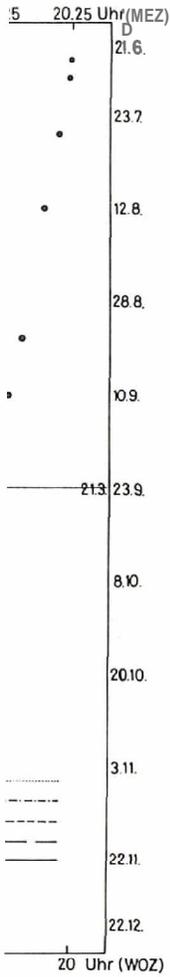


Abb. 25. Sonnenauf- und Sonnenuntergangszeiten für Untersuchungsflächen im Raum Ramosch (MEZ = mitteleuropäische Zeit, WOZ = wahre Ortszeit); die Punktreihen begrenzen jeweils die astronomischen Auf- und Untergangszeiten (vgl. auch Abb. 2).

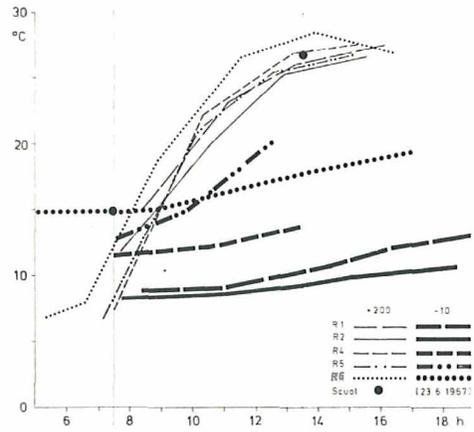
BRAUN-BLANQUET u.a. 1954). Daher wird in der vergleichenden Übersicht (Abb. 27) die Bodentemperatur in 2 cm Tiefe der Lufttemperatur in 5 cm Höhe gegenübergestellt. Aus der gleichen Schicht stammt ausserdem der Wert für die absolute Feuchte, dessen Höhe dem Dampfdruck gleichgesetzt werden kann. Da im Bereich zwischen etwa 7°C und 30°C, in dem sich die meisten über dem Erdboden gemessenen Werte bewegen, die Zahlenwerte für den Sättigungsdampfdruck denjenigen der jeweils zugehörigen Temperatur sehr nahekommen, ist der Abstand zwischen der gezeichneten Luftfeuchte- und Lufttemperaturkurve ein direktes Mass für das Sättigungsdefizit der Luft. In entsprechender Weise kann das gegenseitige Verhältnis der beiden Temperaturkurven als ein (indirekter) Ausdruck der Strahlungsintensität genommen werden (MAURER, 1916): Ist sie gross, liegt die Bodentemperatur über der Lufttemperatur; ist sie klein, bleibt



Untersuchungsflächen im Raum Ramosch
Punktreihen begrenzen jeweils die

entsprechenden Übersicht (Abb. 27) in 5 cm Höhe gegenübergestellt. In der absoluten Feuchte, dessen im Bereich zwischen etwa 7°C gemessenen Werte bewegen, die der jeweils zugehörigen Temperatur gezeichneten Luftfeuchte- und Sättigungsdefizit der Luft. In entgegengesetzten beiden Temperaturkurven als angenommen werden (MAURER, 1916): die Temperatur; ist sie klein, bleibt

Abb. 26.
Vergleich von Temperaturtagesgängen im Untersuchungsraum Ramosch für die Messhöhen +200 cm und -10 cm.



jene darunter. Punkte beziehungsweise Ringe geben zusätzlich die Terminbeobachtungswerte von Scuol im Hinblick auf die Grosswetterlage an. Da die Temperaturunterschiede gegenüber Scuol mittags relativ gering sind, markieren sie zugleich die Tendenz in 200 cm Höhe auf den Untersuchungsflächen gemessenen Werte.

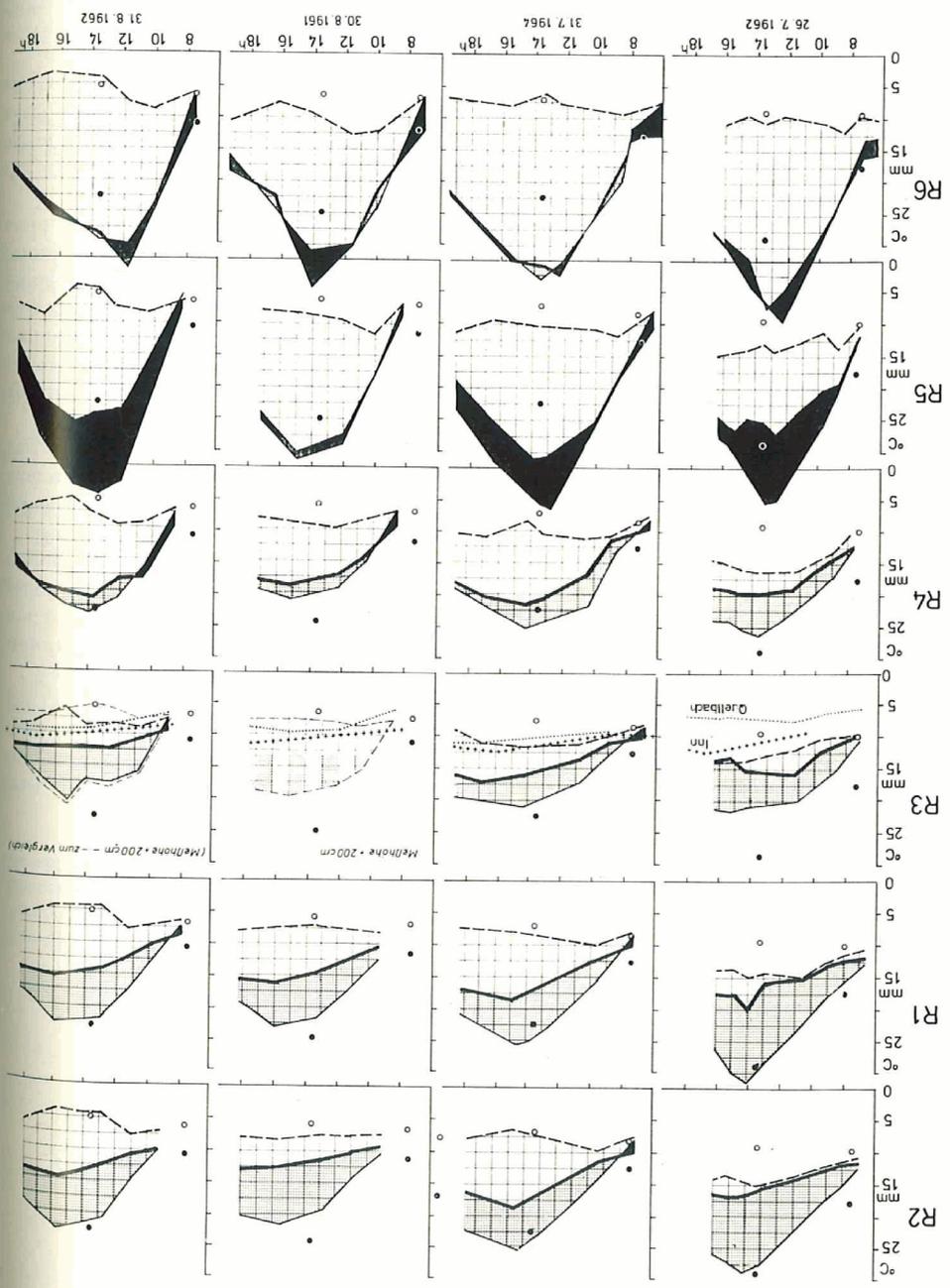
Es sind Hochsommertage einander gegenübergestellt aus Zeiten gleichen Sonnenstands, jedoch verschiedener Grosswetterlage und Wasserführung. Dabei verunmöglichen Distanzen und Höhenunterschiede leider einem einzelnen in der Reihe jeweils am gleichen Tag das ganze Profil aufzunehmen, zumal die Betreuung von Zürich aus erfolgen musste.

Die beiden grossen Gruppen Freiland- (schwarz) und Bestandesstationen (grau) fallen sofort auf, sind aber in sich deutlich differenziert, wobei sich das Expositions-klima bemerkbar macht. Im zunehmend steilen Kurvenanstieg drückt sich die abnehmende Tageslänge aus.

Unter den Waldstationen bleibt der Grauerlenwald R3 am kältesten, das Sättigungsdefizit ist gering. Nebenan zeigt die typische Subassoziation (R4) besonders im Juli etwas höhere Werte hinsichtlich Wärme- und Wasserhaushalt. In beiden Probeflächen ist morgens der Boden wärmer als die Luft. In den Nadelwäldern R1 und R2 erwärmt sich die Luftschicht ähnlich wie im Grauerlenwald R4. Die Bodentemperaturen bleiben jedoch in Nordexposition deutlich zurück; verzögernd wirkt in R2 zusätzlich der spätere Sonnenaufgang. Die Wasseranspannung ist im Föhrenwald etwas grösser als im Fichtenwald, kommt aber nur für kurze Zeit an Werte von 15 Torr heran.

In der ebenen Freilandstation R5 steigt die Bodentemperatur rasch über diejenige der Luft an. Das Sättigungsdefizit erreicht jedoch nur knapp Werte von 20 Torr, da die absolute Feuchte nicht so stark absinkt. Im Trockenrasen R6 bewirkt zwar Schatteneinwurf zeitweise eine Verzögerung der Lufterwärmung; da die absolute Feuchte aber meist unter 10 bleibt, steigt die Wasseranspannung jedesmal über 20 Torr.

In der höhergelegenen Gruppe von Untersuchungsflächen in Plattamala hebt sich das Piccetum subalpinum R7 auch deutlich sogar von den übrigen Nadelwäldern ab: Die Lufttemperaturen erreichen trotz sonnseitiger Lage kaum 20°C, was wohl auf Kaltluftausströmungen zurückzuführen ist (vgl. Abb.30) und bleiben jeweils am weitesten hinter denen von Scuol zurück. Die Bodentemperaturen halten dabei nur geringen Abstand. Der Wassergehalt der Luft ist hoch. Die Situation an Spezialstandorten ist ebenfalls in Abbildung 30 wiedergegeben.



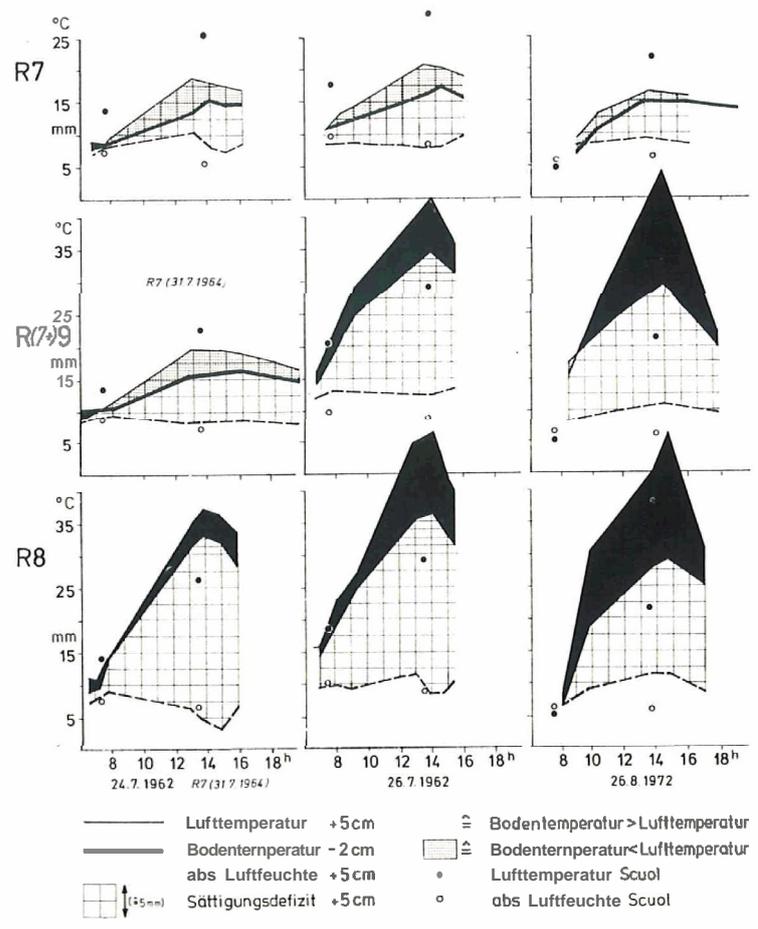
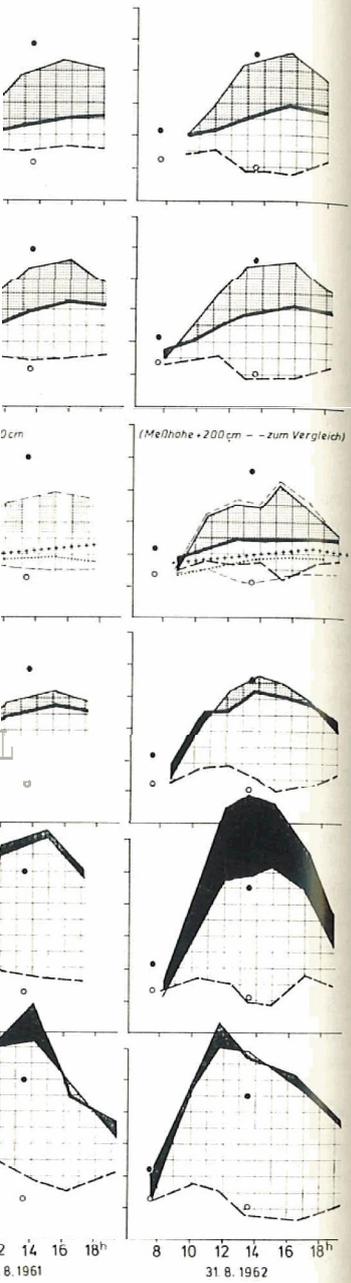


Abb. 27. Tagesgänge des Mikroklimas von Untersuchungsflächen im Raum Ramosch.

Auf den Freiflächen oben am Plattamala-Steilhang kommt es zu **Bodentemperaturen** (-2 cm) von über 40°C ; auf der Geröllhalde werden fast 50°C gemessen. Die ständige **Luftbewegung** im Rahmen der **Hangwindzirkulation** dämpft die Temperaturen über dem Boden etwas; das Sättigungsdefizit kann dort aber erheblich über 20 Torr ansteigen. **Bemerkenswerterweise** waren auch die Taumengen der **beiden** tiefgelegenen **Freilandstationen (R5, R6)** dreimal so hoch wie diejenigen der hoch am Hang gelegenen Flächen R8 und R9 (siehe Tab. 9).

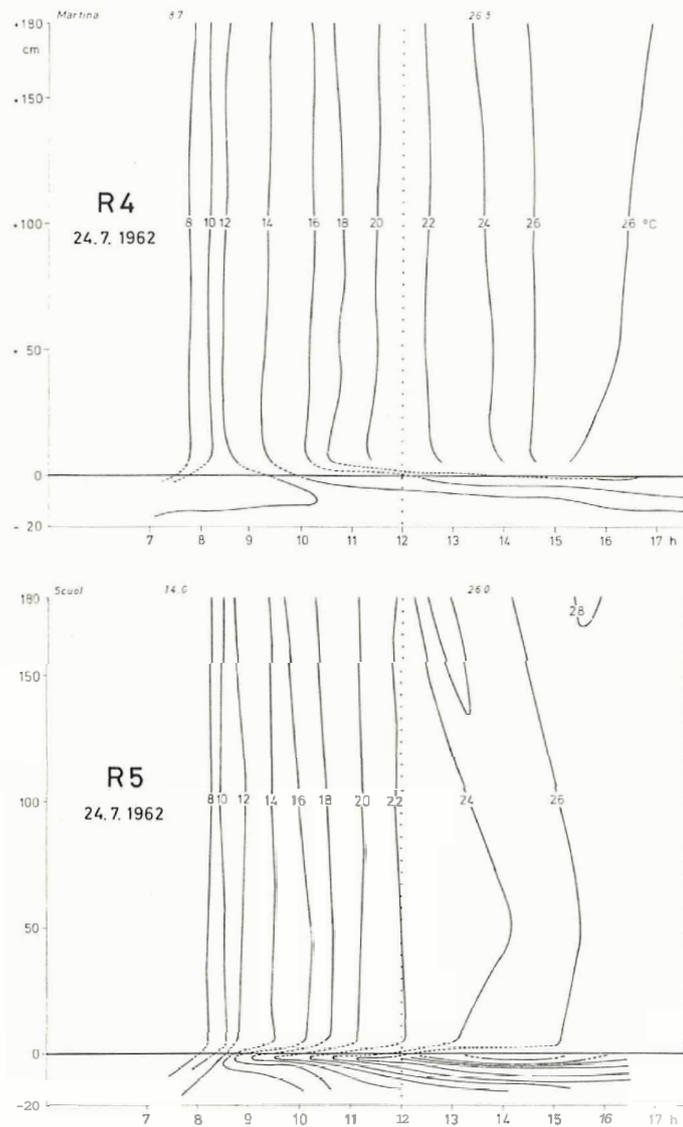


Abb. 28.
Temperaturverteilung in
den Untersuchungsflächen
R 4 und R 5

Die grundsätzlichen Unterschiede in der **Wärmedynamik** der Wald- und Freilandstationen lassen die Abbildungen 28 a und b erkennen: Während in der Grauerlen-Gesellschaft R4 nach einer gleichmässiglansamen Erwärmung auch am Nachmittag im Boden die höchsten Werte hinter denen der Luft zurückbleiben, steigen auf dem offenen Standort R5 nebenan bereits am Vormittag die **Bodentemperaturen** (etwas) **höher** als die Temperaturen der **Luftschicht** ab 5 cm Höhe.

Der
derhei
Kro
rasche
Beoba
«Se
Rasch
Ersche
Schon
Boden
Die
messur
50 cm
+3
+6
+9
Die
bemer
In
Talhar
zuhalt
jedes
obsche
eine R

A

Abb. 29
R8 (Au

Ein
möglich
strömt
Eisfed
Ausstr

Der «Märchenwald» (MAYER, 1961) von R7 reizte, auch dort den klimatischen Besonderheiten um das Bergsturzgelände etwas näher nachzuspüren.

Kreisförster BISCHOFF hat vor allem im Winterhalbjahr versucht, das Phänomen des raschen Ausaperns festzuhalten (vgl. STREIFF-BECKER, 1945), und schreibt über seine Beobachtungen (briefliche Mitteilung):

«Seit Jahren schon ist am Plattamala-Steilhang, in den Geröllhalden oberhalb Raschvella und in den Grobblockhalden «Las Gondas» unterhalb Sent die merkwürdige Erscheinung zu beobachten, dass der Schnee an bestimmten Stellen nicht haften bleibt. Schon ein bis zwei Tage nach Neuschneefällen schmilzt die Schneedecke weg, und die Bodenoberfläche kommt zum Vorschein.

Diese Beobachtung hat im Jahre 1952 den Schreibenden zu einer Temperaturmessung veranlasst, welche folgende Werte ergab: Bei einer Lufttemperatur von -6°C 50 cm über dem Boden wurde gemessen:

- + 3°C an der Bodenoberfläche,
- + 6°C 50 cm unter der Bodenoberfläche,
- + 9°C 100 cm unter der Bodenoberfläche.

Die Temperaturdifferenz von 15°C in einer senkrechten Distanz von nur 1,5 m ist bemerkenswert.

In den Jahren 1970 bis 1973 versuchte der Schreibende, vom gegenüberliegenden Talhang aus die früher ausapernden Flächen am Plattamala-Hang fotografisch festzuhalten. Es zeigte sich dabei, dass diese schneefreien Stellen nach jedem Schneefall und jedes Jahr wieder am gleichen Ort auftreten. Die aperen Stellen heben sich gut ab, obschon die vorausgehenden Tage und Nächte sehr kalt (-14 bis -16°C) waren und eine Rahreifeissschicht die betreffenden Stellen bedeckte.

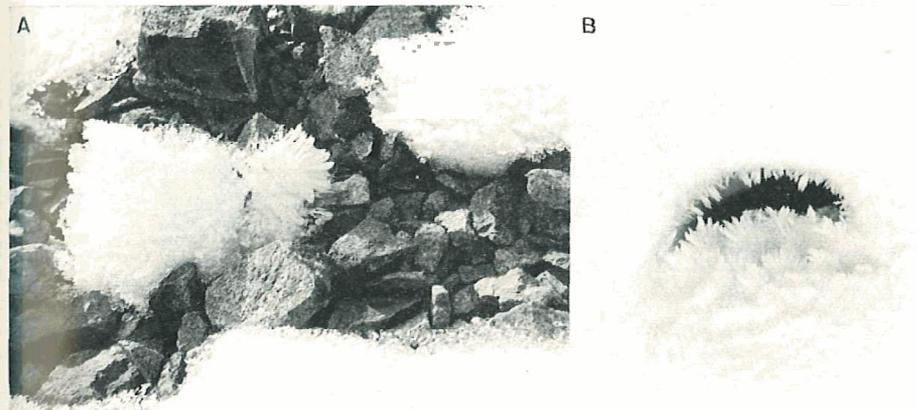


Abb. 29. Ausblühungen von «Eisfedern» an Warmluftaustrittsstellen auf der Untersuchungsfläche R8 (Aufn.: N, Bischoff)

Ein Besuch an Ort und Stelle (was wegen Schneerutschgefahr nur ganz selten möglich ist) liess erkennen, dass offenbar wärmere Luft aus dem Geröll an die Oberfläche strömt und den Schnee wegschmilzt. In der Schneedecke konnten mehrere, mit schönen Eisfedern besetzte Austrittslöcher im Bilde festgehalten werden (siehe Abb. 29). Die Ausströmung der wärmeren Luft erfolgt im Bereiche des Galcopsi-Rumicetum (siehe

Abb. 28.

Temperaturverteilung in den Untersuchungsflächen R 4 und R 5

amik der Wald- und Freiland-
en: Während in der Grauerlen-
ärmung auch am Nachmittag im
bleiben, steigen auf dem offenen
temperaturen (etwas) höher als

pflanzensoziologische Karte von CAMPELL, 1978), vor allem im Grenzbereich zum Koelerio-Poetum xerophilae, welches eine geschlossene Rasendecke bildet. Es scheint, dass die Luft, da sie durch den geschlossenen Rasen nicht austreten kann, den Weg durch das lockere Geröll vorzieht. Es fällt auf, dass die früher ausapernden Stellen praktisch vegetationsfrei sind. Insbesondere dort, wo Ausströmungslöcher festgestellt worden sind, sind die Steine nicht einmal mit Moosen oder Flechten bedeckt.»

Untersucht man im Sommer den Charakter der Luftströmungen durch das Geröllfeld, beobachtet man eine offensichtlich gegengerichtete Luftströmung: Die relativ kältere Luft strömt nun abwärts und tritt in den Löchern zwischen den groben Blöcken aus. An anderen Orten wird dieses Phänomen seit alters her sogar wirtschaftlich beispielsweise als Milch- oder Weinkeller genutzt (FURRER, 1966). Auf den Abbildungen 30a und b sind die Ergebnisse von registrierenden Messungen an verschiedenen Standorten am Fuss der Blockhalde festgehalten.

An beiden Tagen (25./26. August 1972) wurde die Strahlung bis zum frühen Nachmittag kaum beeinträchtigt. In 200 cm Höhe waren die Lufttemperaturen nur ganz schwach abgestuft und von Scuol nicht wesentlich verschieden: Am wärmsten das

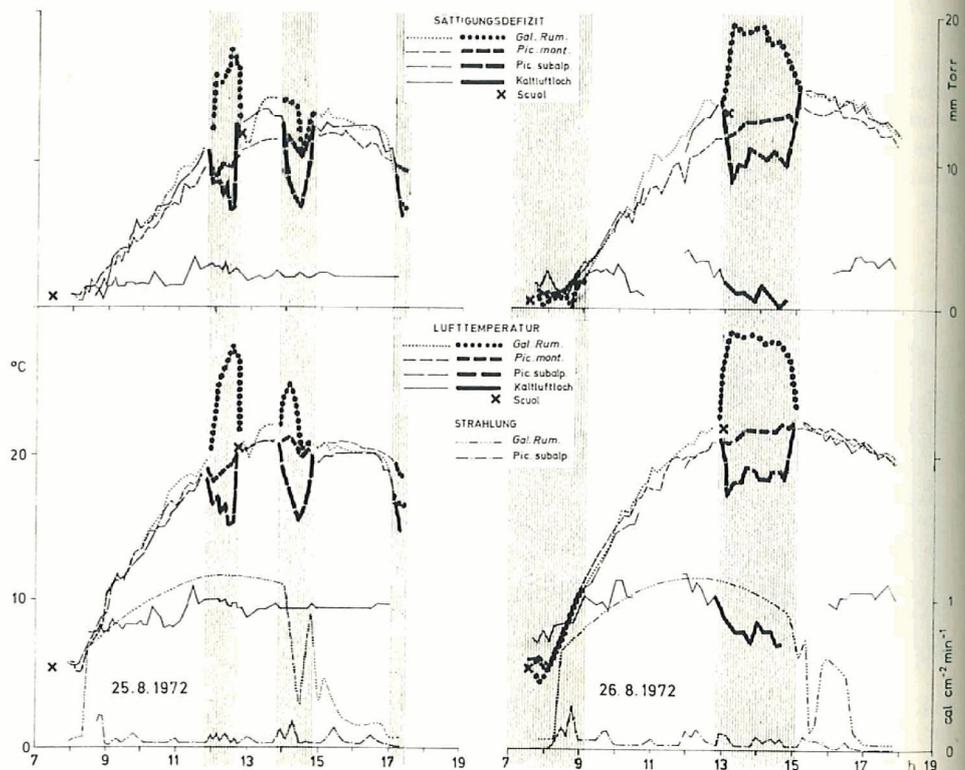


Abb. 30. Tagesgang von Klimaelementen bei der Untersuchungsfläche R7.

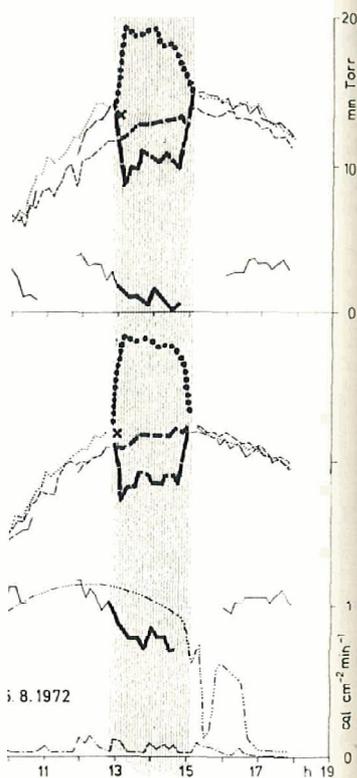
a) 25. August 1972; b) 26. August 1972.

Während der schraffierten Zeitabschnitte mit verstärkter Signatur Absenkung der Messhöhe von 200 auf 5 cm beziehungsweise tiefer ins Kaltluftloch (nach Registrierungen mit elektrischen Gebern für Temperatur, Feuchte und Strahlung).

r allem im Grenzbereich zum Rasendecke bildet. Es scheint, leicht austreten kann, den Weg die früher ausapernden Stellen Ausströmungslöcher festgestellt oder Flechten bedeckt.»

strömungen durch das Geröll-ete Luftströmung: Die relativ n zwischen den groben Blöcken rs her sogar wirtschaftlich bei-1966). Auf den Abbildungen 30a en an verschiedenen Standorten

strahlung bis zum frühen Nach- lie Lufttemperaturen nur ganz erschieden: Am wärmsten das



messfläche R7.

natur Absenkung der Messhöhe von 1 Registrierungen mit elektrischen

Galeopsi-Rumicetum am offenen Südrand von R7, in der Übergangszone die Werte aus dem Piceetum montanum (CAMPELL), und in der untersten Kurve verbunden sind die Messergebnisse im Piceetum subalpinum. Brachte man die Psychrometer in Bodennähe (+5 cm), so zeigte sich wiederum die aus Abbildung 27 bekannte Erscheinung: Im Freiland stiegen die Temperaturen kräftig an, im Wald sanken die Werte um ähnlich grosse Beträge ab. Analog verhielt sich die Luftfeuchte: geringe Unterschiede in 200 cm Höhe, in Bodennähe transpirationsbedingter Anstieg der absoluten Feuchte, erwartungsgemäss deutliche Differenzierung im Sättigungsdefizit.

Gleichzeitig können wir auf den Abbildungen 30 a und b Linienzüge beobachten, die vom Strahlungsverlauf des Tages nahezu unberührt erscheinen. Es sind die Messpunkte an den Austrittsstellen von kühlen Luftströmungen. Nur die Verschiebung der Messposition führt hier zu Änderungen im Kurvenverlauf; ansonsten bleiben die Temperaturen unter 10°C, sinken jedoch wohl nicht bis zum Jahresmittel von Scuol ab. Entfernt man die Fühler aus den Kältelöchern, so steigen Temperatur und Sättigungsdefizit an, bringt man sie tiefer in die Klüfte hinein, so erreicht die Luftfeuchte fast 100% bei Temperaturen unter 8°C (in Scuol ist es gleichzeitig über 20°C warm). Es ist selbstverständlich, dass dieser stetig kühle Zug auch noch im Bestand in Bodennähe temperaturabsenkend wirkt.

Versucht man die Untersuchungsflächen von Ramosch in einer Art Humiditätsgefälle im Überblick zu ordnen, so sind auch die Piche-Verdunstungswerte miteinzubeziehen (Tab. 9). In ihrer integrierenden Aussage spiegeln sie eindrücklich die Abstufung im Wärme- und Wasserhaushalt wider. Gleichzeitig kommen in ihnen, besonders bei der Messhöhe 2 m, die Auswirkungen der Berg- und Talwindssysteme mit zur Geltung, die am Plattamala-Profil in typischer Weise (GEIGER, 1961) zu beobachten sind.

Tabelle 9 Verdunstung in 2 m Höhe (Sonnenaufgang bis 16.00) in mm (umgerechnet aus cm³) und Taumenge (g/dm² \geq 0,1 nim) in Bodennähe

	23.6. 1967	24.7. 1962	26.7. 1962	31.7. 1964	26.8. 1972	30.8. 1961	31.8. 1962	25./26.7. 1962
R1	4,2	3,6	3,0	3,4		2,8	3,0	0,300
R2	3,4	3,0	2,8	2,9		3,0	3,0	0,250
R3		2,0	1,8	1,5		1,6	2,4	0,550
R4		2,3	2,0	2,1		1,5	2,6	0,460
R5	6,1	6,2	5,1	5,7		4,3	5,9	1,190
R6	7,8	7,6	6,2	6,7	5,7	5,8	7,1	1,070
R7		2,7	3,3	2,9		2,0		0,220
R8		7,0	6,7		5,6			0,355
R9			7,8		7,7			0,285
Zum Vergleich						29.8. 1961	30.8. 1962	
S3						1,9	2,8	
S4						2,1	2,8	
S5						1,7	2,5	

In der Fläche R9 beträgt die Verdunstung rund 150% der am offenen Flussufer (R5) gemessenen Werte. Das Sättigungsdefizit der Luft ist in Bodennähe grösser als in 2 m Höhe und erreicht Werte über 30 Torr. Auch die Lufttemperaturen steigen in 5 cm Höhe

während des Tages deutlich über diejenigen von 2 m Messhöhe; noch stärker erwärmt sich der Boden, der noch in 10 cm Tiefe einen deutlichen Temperaturtagesgang zeigt. Ursache dafür ist die lange und intensive Strahlung der Sonne, die im Hochsommer auf diesem Steilhang mittags etwa wie in Nordafrika im Zenit steht. Wärme und Hangneigung bedingen schliesslich, dass vom Regen nur wenig in den Boden eindringt.

Ähnliche «Stress»-Situationen beobachten wir auf dem ständig in Bewegung befindlichen Standort R8: Hier liegen in Bodennähe die Verdunstungswerte sogar höher als 2 m darüber. Genauso verhalten sich untertags die Werte der Lufttemperaturen und des Sättigungsdefizits. Im Boden zeigt der Temperaturtagesgang noch in 20 cm Tiefe eine Schwankung von über 10° C.

Hinsichtlich der Verdunstungswerte steht die Fläche R6 ungefähr im dritten Rang. 5 cm über dem Boden verdunstet nur noch rund dreiviertel der in 2 m Höhe abgegebenen Menge, die jedoch dort immer noch 25 % mehr beträgt als in R5. Verglichen mit der Situation oben am Plattamala-Hang bewirkt das Kleinrelief hier eine Reduktion der Windgeschwindigkeit etwa auf die Hälfte der bei R8 und R9 gemessenen Werte. Die grössere Luftruhe wird aber auch die Ursache dafür sein, dass es tagsüber zu relativ hohen Lufttemperaturen in der Krautschicht und in deren Gefolge zu hohen Werten für das Sättigungsdefizit kommen kann. Dass die Bodentemperaturen nicht entsprechend mitsteigen, dürfte auf die mehr oder weniger ebene Lage der Probestfläche und auf den zeitweiligen Schattenwurf von Einzelbäumen zurückzuführen sein.

Am Ufer des Inns (R5) wurden die relativ niedrigsten Verdunstungswerte der offenen Untersuchungsflächen gemessen. Die Luft ist hier in Bodennähe oft feuchter als 2 m darüber und selbst dort ist die Luftfeuchte mittags meist höher als in Scuol. Auch das Sättigungsdefizit steigt in 5 cm Höhe nur noch selten über die in 200 cm gemessenen Werte. Die Verteilung der Temperatur ist im Luftraum ziemlich ausgeglichen. Verhältnismässig stark ist noch der Tagesgang bei den Bodentemperaturen – auch in 10 cm Tiefe – ausgeprägt, was vor allem auf die lockere Lagerung des Grobsandes zurückzuführen ist: Die Erwärmung setzt morgens rasch ein und bleibt erst in 10 cm Tiefe mittags hinter den Lufttemperaturen zurück (vergleiche Abb. 28).

Die übrigen fünf Untersuchungsflächen (R1–R4, R7) tragen infolge der Bewaldung einige gemeinsame Züge des gemässigten Bestandesklimas: Bei allen ist die Verdunstung deutlich geringer als auf den Freiflächen; bei allen sind die Temperaturen in Bodennähe (5 cm) niedriger als 2 m darüber beziehungsweise in Scuol; stets bleibt der Boden tagsüber kühler als der Luftraum darüber, und ausserdem sind auch die Werte für das Sättigungsdefizit in der bodennahen Luftschicht immer geringer als im Stammraum des Bestands (200 cm).

Am relativ wärmsten und trockensten ist es im Erico-Pinetum (R1). Die westliche Exposition trägt dazu ebenso bei wie die relativ lange Besonnungsdauer und der lockere Bestandesschluss auf dem steil geneigten Hang.

Das Piceetum montanum (R2) liegt zwar ebenfalls auf der Schattseite, die Besonnung setzt dort jedoch im Tages- und Jahresverlauf merklich später ein – ein Drittel des Jahres scheint die Sonne nicht. Niedrige Verdunstungsraten und Bodentemperaturen sind die Folge. Schliesslich trägt der dichtere Bestand mit dazu bei, dass die Schneedecke hier am längsten liegenbleibt.

Das Klima der dritten Nadelwaldfläche (R7) ist stark beeinflusst durch die kühle Luft, die dem Blockmeer am Fusse des Felssturzes von Plattamala entströmt. Sie ist die Ursache dafür, dass die Lufttemperaturen noch 5 cm über dem Erdboden nur sehr zögernd ansteigen. Der Tagesgang der Bodentemperaturen schliesst sich relativ dicht an, wohl als Folge der direkten Einstrahlung in die Bestandeslücken. Die Luftfeuchte ist fast so hoch wie in den beiden Grauerlenflächen in der Aue. Hinsichtlich der Ver-

dun
We
Gra

Feu
sch
Ko
sch
Fio
aus
wer
nie
We
hat
Bod
tem
2° C
lück
stär

Abb.
Verg
Unte
+20

Für
für I
für I

esshöhe; noch stärker erwärmt
 en Temperaturtagesgang zeigt.
 Sonne, die im Hochsommer auf
 Zenit steht. Wärme und Hang-
 rig in den Boden eindringt.

em ständig in Bewegung befind-
 dunstungswerte sogar höher als
 e der Lufttemperaturen und des
 ssgang noch in 20 cm Tiefe eine

e R6 ungefähr im dritten Rang.
 dreiviertel der in 2 m Höhe
 5 % mehr beträgt als in R5.
 bewirkt das Kleinrelief hier eine
 e der bei R8 und R9 gemessenen
 e dafür sein, dass es tagsüber zu
 und in deren Gefolge zu hohen
 e Bodentemperaturen nicht ent-
 ebene Lage der Probefläche und
 zurückzuführen sein.

rigsten Verdunstungswerte der
 der in Bodennähe oft feuchter als
 meist höher als in Scuol. Auch
 i über die in 200 cm gemessenen
 ziemlich ausgeglichen. Verhält-
 -temperaturen – auch in 10 cm
 rung des Grobsandes zurückzu-
 ind bleibt erst in 10 cm Tiefe
 e Abb. 28).

) tragen infolge der Bewaldung
 us: Bei allen ist die Verdunstung
 die Temperaturen in Bodennähe
 Scuol; stets bleibt der Boden
 em sind auch die Werte für das
 geringer als im Stammraum des

o-Pinetum (R1). Die westliche
 onnungsdauer und der lockere

auf der Schattseite, die Beson-
 nlich später ein – ein Drittel des
 raten und Bodentemperaturen
 mit dazu bei, dass die Schnee-

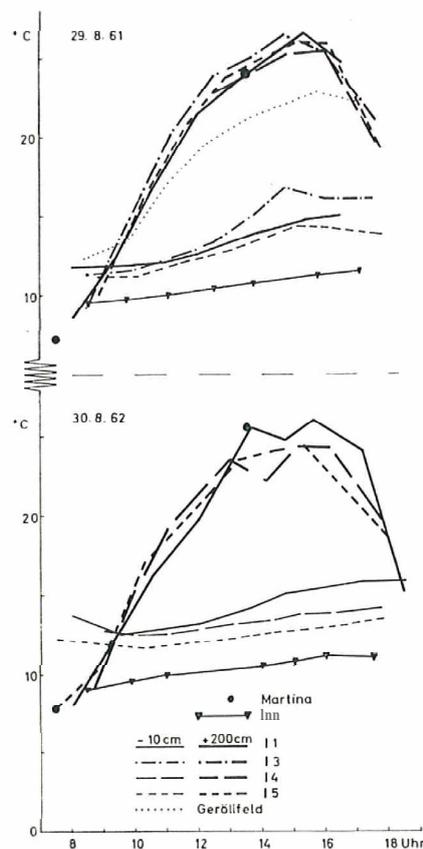
rk beeinflusst durch die kühle
 lattamala entströmt. Sie ist die
 über dem Erdboden nur sehr
 uren schliesst sich relativ dicht
 ndeslücken. Die Luftfeuchte ist
 er Aue. Hinsichtlich der Ver-

dunstung nimmt der Bestand eine Zwitterstellung ein: In 200 cm Höhe entsprechen die Werte etwa den in R1 und R2 gemessenen, während in 5 cm Höhe die Werte der Grauerlenbestände noch unterschritten werden.

Der Flechtenreichtum (Abb.5) mag allgemein als ein Hinweis auf die günstigen Feuchtigkeitsverhältnisse in den Grauerlenwäldern (R3, R4) interpretiert werden, aber schon FREY (1975) betonte angesichts des Fehlens bestimmter Arten die relative Kontinentalität des Unterengadiner Klimas. Gleichwohl zeigt diese Laubwaldgesellschaft – ähnlich auch in Strada – am meisten humide Züge. Dabei weist sich die Fioringras-reiche Subassoziation durchaus auch klimatisch als die feuchtere Gesellschaft aus. Die Verdunstungswerte betragen nur noch etwas mehr (R4) beziehungsweise weniger (R3) als ein Drittel der am offenen Flussufer (R5) gemessenen Werte. Den niedrigsten Sättigungsdefizitwerten (meist unter 10 Torr) stehen die relativ höchsten Werte für die absolute Feuchte gegenüber. Am Quellbach zu Füßen des Schattenshangs hat der Tagesgang der Lufttemperaturen – neben R7 – die kleinste Amplitude in Bodennähe. Die Bodentemperaturen liegen nur noch wenig über den jeweiligen Wassertemperaturen, und in 10 cm Tiefe bewegt sich die Tagesschwankung nur noch um etwa 2°C. In der trockeneren Fläche R4 erwärmt sich der Boden besonders in Bestandeslücken und bei niedrigem Sonnenstand respektive schrägem Strahleneinfall etwas stärker als in R3.

Abb. 31.
 Vergleich von Temperaturtagesgängen im
 Untersuchungsraum Strada für die Messhöhen
 +200 cm und -10 cm (aus HELLER 1969)

Für 11 lies S3,
 für 13 und 14 lies S4,
 für 15 lies S5.



4.3. MIKROKLIMAMESSUNGEN AUF DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN S

Wie in Plattamala (R) erkennt man beim Vergleich der in 2 m Höhe gemessenen Temperaturwerte nur geringe Unterschiede zwischen den Untersuchungsflächen (Abb. 31). Auch Dampfdruck und Sättigungsdefizit weisen erst in Bodennähe eine charakteristische Differenzierung auf (vgl. HELLER, 1969), wobei hohe Bodenfeuchte sogar an Strahlungstagen den ozeanischen Dampfdrucktagesgang aufrechterhalten kann. Ausserdem bestätigt sich, dass wir bei stärkerer Austrocknung des Bodens, wie im Jahre 1962, mit relativ grösseren Tagesamplituden der Temperatur rechnen müssen (TURNER, 1958).

Für die vergleichende Übersicht wählen wir die gleiche Darstellungsart wie für den Raum Plattamala, müssen uns jedoch wegen der wasserstandsbedingten Unzugänglichkeit der Flächen auf den Spätsommer beschränken (Abb. 32).

Schwarz heben sich wiederum im Freiland, nämlich auf frischen Aufschüttungen bei Weidenkeimlingen gemessene Werte ab. Allerdings können wir eine bemerkenswert abgestufte Auswirkung der klimatischen Gunst beobachten: Die grössten Keimlinge (siehe auch Kap. 2.2.1.) haben sich dort entwickelt, wo nicht nur die Bodenfeuchte höher war, sondern auch die Luftfeuchte relativ am wenigsten abnahm.

Die Messresultate aus dem Grauerlenwald S4 sind tendenziell der Grauerlengesellschaft R4 durchaus ähnlich. Beträchtlich lufttrockener ist der hochgelegene Fichtenwald mit seiner kümmerlichen Krautschicht, während der Luftraum im lichterem und lückigeren Grauweidengebüsch etwas stärker erwärmt wird als derjenige von S4.

In allen mit Gehölz bestandenen Flächen wird es freilich Mittag, bis in Bodennähe die Temperaturen messbar höher werden als im Luftraum darüber (Abb. 33). Ähnlich

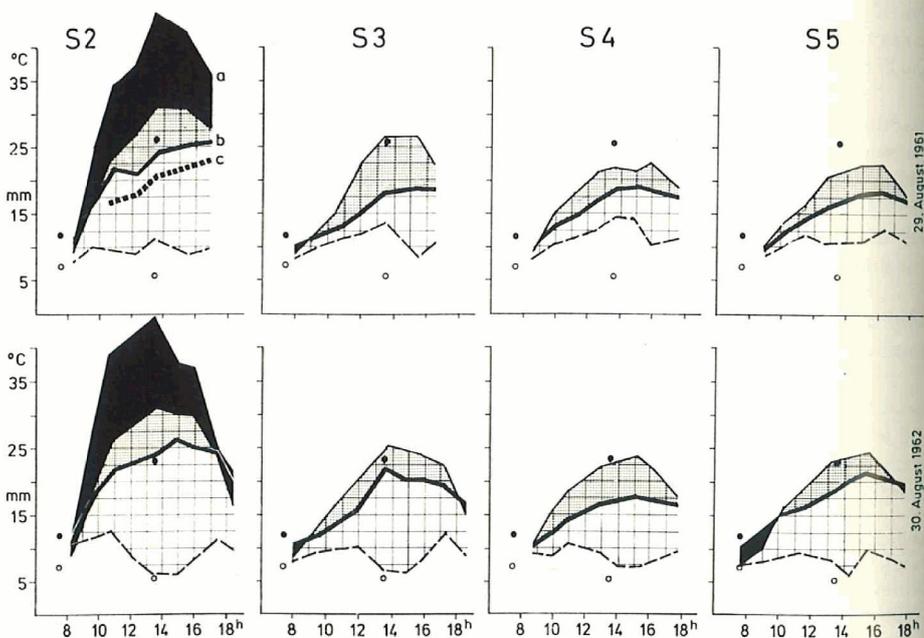


Abb. 32. Tagesgänge des Mikroklimas von Untersuchungsflächen im Raum Strada (Legende wie Abb. 27).

Abb. 33
— 2 cm

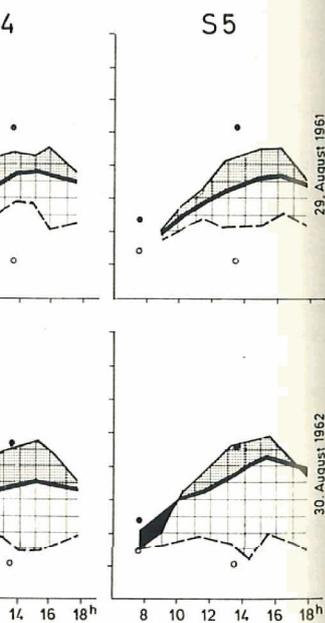
VERSUCHUNGSFLÄCHEN S

1 der in 2 m Höhe gemessenen
 en Untersuchungsflächen (Abb.
 t in Bodennähe eine charakteri-
 ei hohe Bodenfeuchte sogar an
 aufrechterhalten kann. Außer-
 des Bodens, wie im Jahre 1962,
 rechnen müssen (TURNER, 1958).
 che Darstellungsart wie für den
 standsbedingten Unzugänglich-
 b. 32).

auf frischen Aufschüttungen bei
 önnen wir eine bemerkenswert
 chten: Die grössten Keimlinge
 icht nur die Bodenfeuchte höher
 n abnahm.

tendenziell der Grauerlengesell-
 r ist der hochgelegene Fichten-
 der Luftraum im lichterem und
 wird als derjenige von S4.

ich Mittag, bis in Bodennähe die
 um darüber (Abb. 33). Ähnlich



hen im Raum Strada (Legende wie

verhält sich das Sättigungsdefizit: Auch hier beobachten wir erst nachmittags eine stärkere Anspannung in Bodennähe (Abb. 34). Die Ergebnisse aus beiden Messjahren stimmen in dieser Hinsicht gut überein.

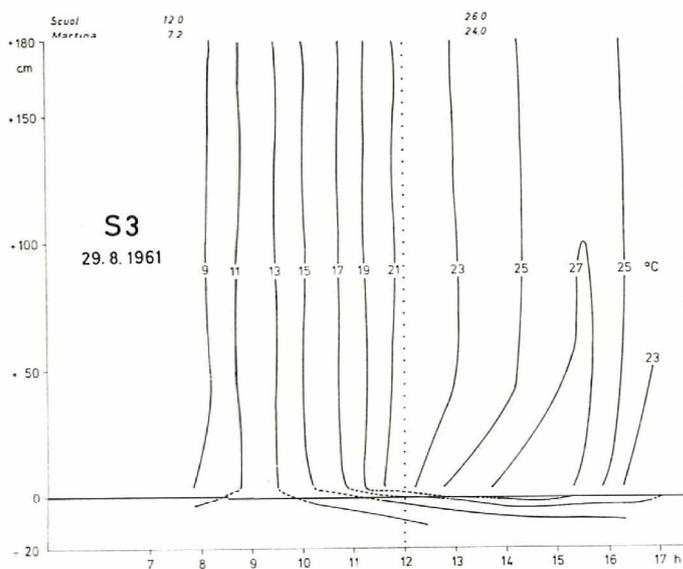
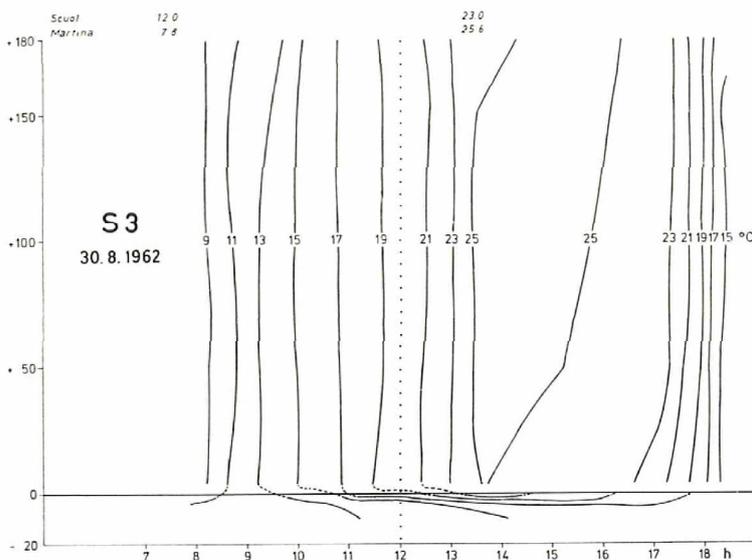


Abb. 33. Temperaturverteilung im Grauweidengebüsch S3 (Gestrichnet: zwischen +5 cm und -2 cm keine Messung).

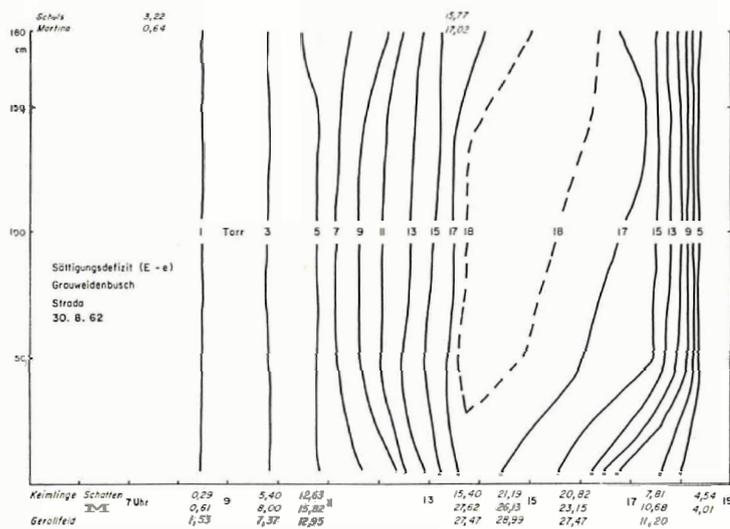
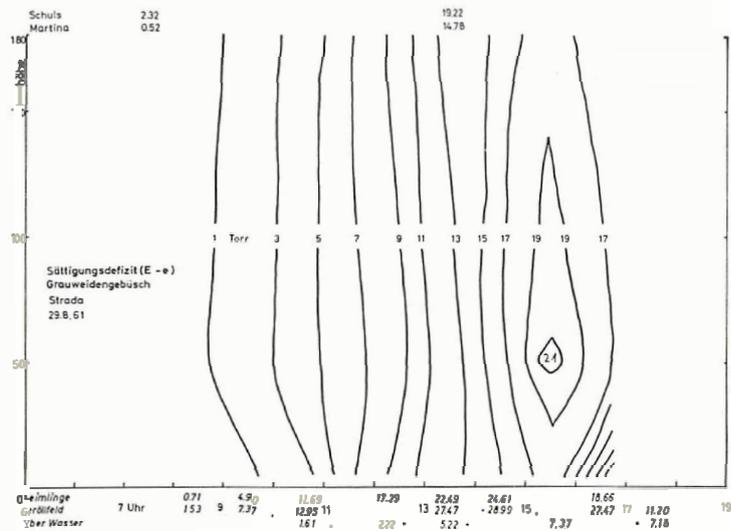


Abb. 34. Verteilung des Sättigungsdefizits im Grauweidengebüsch S3 (aus HELLER 1969)

4.4. EINFLUSS DES INNS AUF DIE LEBENSBEDINGUNGEN IN DEN UNTERSUCHUNGSFLÄCHEN

Nur wenige Untersuchungsflächen, nämlich nur die im **Alluvialbereich** gelegenen, tragen Pflanzengesellschaften, die für **Flussauen** typisch sind. Relativ **grosse** Flächen nehmen diese lediglich bei Strada ein. In den Alluvionen beeinflusst der Fluss das Leben auf den Untersuchungsflächen unmittelbar. Hier dringen (nach ZOLLER, 1974) mesophile Laubwaldelemente am weitesten ins Alpeninnere vor. Für die **Ausformung** der Pflanzengesellschaften sind allerdings die früher gegebenen Besiedlungsmöglichkeiten mindestens ebenso wichtig wie die aktuellen edaphischen Bedingungen (HELLER, 1969).

Abb. 34. Tage gen des I korri

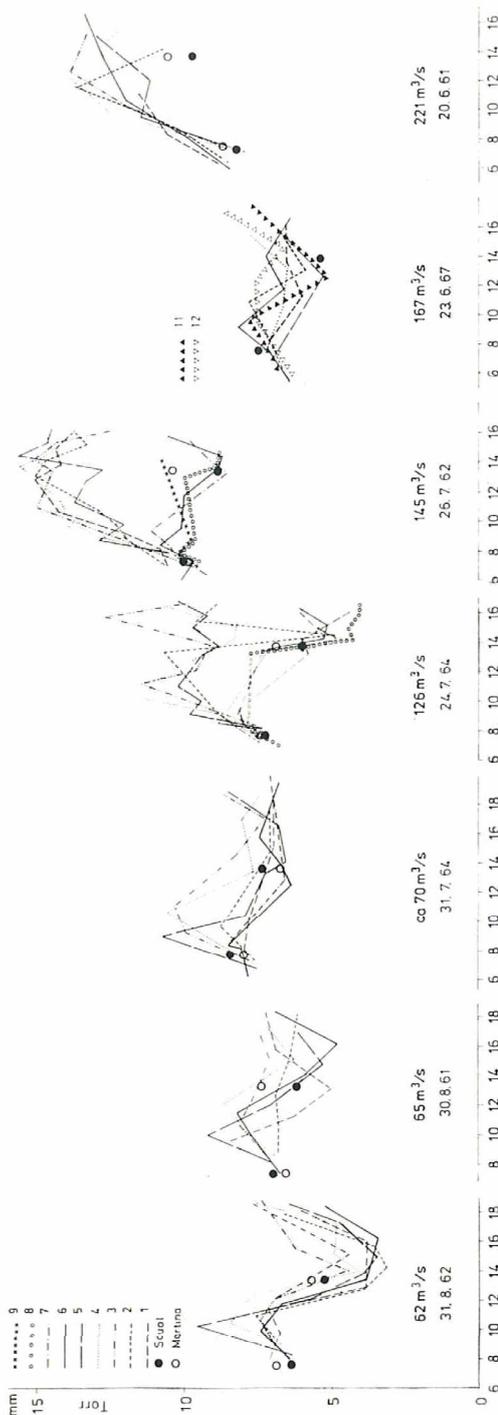


Abb. 34.
Verteilung des Sättigungsdefizits im Grauweiden-gebüsch S3 (aus HELLER 1969)

WENSBEDINGUNGEN
LÄCHEN

im Alluvialbereich gelegenen, sind. Relativ grosse Flächen beeinflusst der Fluss das Leben (nach ZOLLER, 1974) mesophile für die Ausformung der Pflanzen-Besiedlungsmöglichkeiten mind-Bedingungen (HELLER, 1969).

Abb.35.
Tagesgang des Dampfdrucks an Messtagen mit unterschiedlicher Wasserversorgung des Inns bei Ramosch (aus HELLER, 1969, korrigiert und ergänzt).



mm
15
10
5
Torr
● Scual
○ Merlma

62 m³/s 31.8.62
65 m³/s 30.8.61
ca 70 m³/s 31.7.64
126 m³/s 24.7.64
145 m³/s 26.7.62
167 m³/s 23.6.67
221 m³/s 20.6.61

6 8 10 12 14 16 18

Werden auch die ausserhalb des Überschwemmungsbereichs gelegenen Untersuchungsflächen durch den Fluss irgendwie beeinflusst? Diese Frage ist in verschiedenen Klimagebieten und an unterschiedlichen Gewässertypen immer wieder aufgeworfen worden. LÜDI hat ihr 1966 eine Studie am Spöl gewidmet. Wir greifen hier zunächst auf eine frühere Zusammenstellung (HELLER, 1969) zurück. Dabei gehen wir von der Annahme aus, dass sich Einflüsse vor allem in der Luftfeuchtigkeit bemerkbar machen müssten. Gleichzeitig beschränken wir die Betrachtung auf die Messergebnisse in ~ 200 cm Höhe, um vom Bestandesklima der Untersuchungsflächen möglichst unabhängig zu sein. In Abbildung 35 sind die Resultate von Strahlungstagen nach steigender Wasserführung geordnet. Nach 1967 waren einzelne Probeflächen durch Holz- oder Steinschlag so stark verändert, dass sie kaum mehr vergleichbar erschienen. Die absolute Höhe der Kurven ist unterschiedlich, entsprechend den wechselnden Grosswetterlagen (vergleiche Punkte für Scuol).

Die sinusartigen «kontinentalen» Kurventypen, bei denen die Luftfeuchteverte von Scuol erheblich unterschritten werden, können einer annähernd gleichen Wasserführung (zirka $65 \text{ m}^3/\text{s}$) zugeordnet werden. Mit steigender Wassermenge im Inn findet sich auf zunehmend zahlreichen Untersuchungsflächen ein «ozeanischer» Kurvenverlauf: Zuerst nur direkt über dem Wasser ($70 \text{ m}^3/\text{s}$), bei $126 \text{ m}^3/\text{s}$ auf den Flächen R3, R4, R5, bei $145 \text{ m}^3/\text{s}$ bei R1 bis R5 – auch die übrigen liegen deutlich höher im Vergleich zur Bezugsstation Scuol. Die Messwerte von 1967 ($167 \text{ m}^3/\text{s}$) stammen zwar von einer relativ trockenen Gesamtwetterlage, übersteigen aber doch diejenigen von Scuol. Am 20. Juni 1961 ($221 \text{ m}^3/\text{s}$) sind alle Messstellen «ozeanisch», wahrscheinlich sogar Scuol selbst, wo die Station allerdings 100 m höher als der Inn liegt. Zu bedenken bleibt freilich, dass eine Wasserführung von über $120 \text{ m}^3/\text{s}$ im Unterengadin durchschnittlich an 55 Tagen im Jahr überschritten wird, eine solche von $220 \text{ m}^3/\text{s}$ nur an insgesamt rund 3 Tagen. Längst nicht alle diese Tage sind Strahlungstage, denn bei Hochwasser herrscht oft auch wolkenreiches Regenwetter. In Anbetracht der Zeitdauer wird man also den «ozeanisierenden» Einfluss des Flusses auf seine Umgebung nicht überbewerten dürfen.

Zu einer ähnlichen Aussage führen die Messwerte der Piche-Verdunstung, die wir 1967 und 1968 bei den Untersuchungsflächen R11 und R12 ermittelt haben. Abbildung 36 stellt die Tageswerte der mit Atmographen (KLAUSING, 1957) in 50 cm Höhe gemessenen Verdunstung einander gegenüber. Durch verschiedene Signaturen sind die Werte verschiedenen Wasserständen beziehungsweise Abflussmengen zugeordnet. Erst

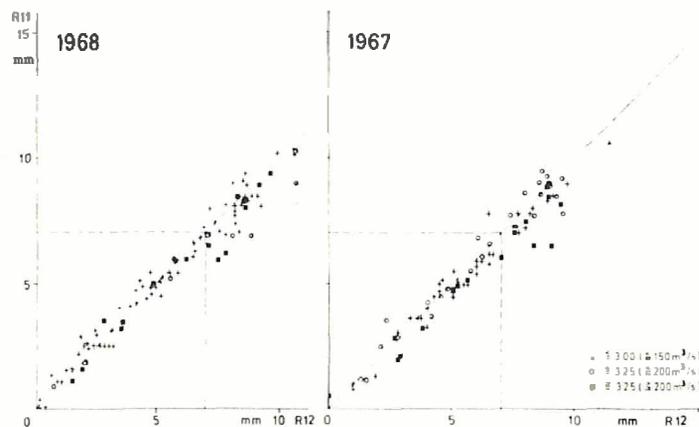


Abb. 36. Beziehung zwischen Tagessummen der Piche-Evaporation auf den Untersuchungsflächen R11 und R12 bei unterschiedlicher Wasserführung am Pegel Martina. Die Werte über 7 mm stammen i. a. von Tagen mit starker Einstrahlung.

ungsbereichs gelegenen Unter-
Diese Frage ist in verschiedenen
den immer wieder aufgeworfen
et. Wir greifen hier zunächst auf
t. Dabei gehen wir von der An-
feuchtigkeit bemerkbar machen
ung auf die Messergebnisse in
ichungsflächen möglichst unab-
strahlungstagen nach steigender
Probeflächen durch Holz- oder
r vergleichbar erschienen. Die
schend den wechselnden Gross-

lenen die Luftfeuchtwerte von
ähernd gleichen Wasserführung
sermenge im Inn findet sich auf
nischer» Kurvenverlauf: Zuerst
f den Flächen R3, R4, R5, bei
eutlich höher im Vergleich zur
stammen zwar von einer relativ
enigen von Scuol. Am 20. Juni
cheinlich sogar Scuol selbst, wo
edenken bleibt freilich, dass eine
archschnittlich an 55 Tagen im
r an insgesamt rund 8 Tagen.
n bei Hochwasser herrscht oft
Zeitdauer wird man also den
ung nicht überbewerten dürfen.
der Piche-Verdunstung, die wir
R12 ermittelt haben. Abbildung
AUSING, 1957) in 50 cm Höhe
erschiedene Signaturen sind die
Abflussmengen zugeordnet. Erst

Abb. 36.
Beziehung zwischen
Tagessummen der
Piche-Evaporation
auf den Unter-
suchungsflächen
R11 und R12 bei
unterschiedlicher
Wasserführung am
Pegel Martina.
Die Werte über
7 mm stammen i. a.
von Tagen mit
starker
Einstrahlung.

5 300 (4 150 m³/s)
3 325 (4 200 m³/s)
4 325 (4 200 m³/s)
mm R12

bei mittleren Abflussmengen von über 200 m³/s bleibt die Verdunstung in Ufernähe hinter derjenigen in Uferferne zurück. Nur an den seltenen Tagen hoher Wasserführung mildert also der Fluss die Transpirations-Anspannung der Pflanzen.

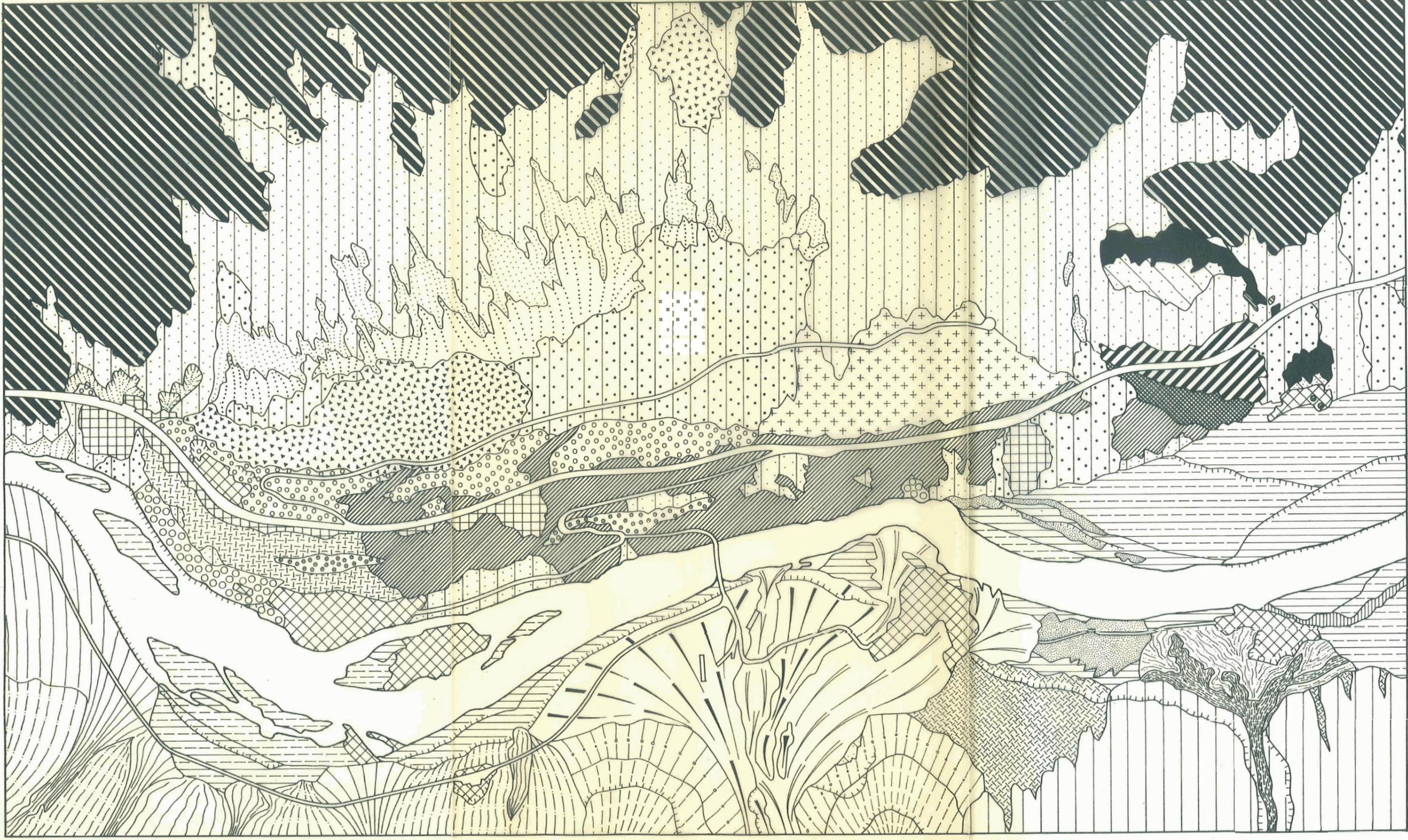
Vergleichen wir schliesslich die mittags (13.30) in der meteorologischen Hütte bei R12 gemessenen Werte von Dampfdruck und Sättigungsdefizit mit den entsprechenden von Scuol, so ist bei R12 der Dampfdruck meist nur wenig höher, das Sättigungsdefizit etwas niedriger, ganz ähnlich wie dies in Abbildung 23 (Vergleich Scuol–Martina) dargestellt ist. Erst bei Abflussmengen von über 200 m³/s weisen die Zahlenpaare fast ausnahmslos auf eine deutlich höhere Luftfeuchte in Flussnähe hin.

Zusammenfassend muss mithin festgestellt werden, dass Gebirgsflüsse wie der Inn auf die Luftfeuchtigkeit in ihrer Umgebung wohl nur selten einen nennenswerten Einfluss ausüben.

5. Literaturverzeichnis

- BAER, J. G., 1968: **Ökologische Untersuchungen im Unterengadiner**. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/1: 1.
- BAUMGARTNER, A., 1960: Gelände und Sonnenstrahlung als Standortsfaktor am Gr. Falkenstein. – *Forstw. Centralbl.* 79: 286–297.
- BÖHM, H., 1966: Die geländeklimatische Bedeutung des Bergschattens und der Exposition für das Gefüge der Natur- und Kulturlandschaft. – *Erdkunde* 20: 81–93.
- BRAUN-BLANQUET, J., PALLMANN, H., BACH, R., 1954: **Pflanzensoziologische und bodenkundliche Untersuchungen im schweizerischen Nationalpark und seinen Nachbargebieten, II**. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 4/28.
- BRAUN-BLANQUET 1975: *Fragmenta Phytosociologica Ractica, VI*. – *Beitr. naturk. Forsch. Südwestl.* 34: 25–36.
- CAMPELL, E., 1978: Die Pflanzengesellschaften des Untersuchungsraumes Ramosch. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12 (im Druck).
- DIERSCHKE, H., 1974: Sauriengesellschaften im Vegetations- und Standortgefüge an Waldrändern. – *Scripta Geobot.* 6: 1–246.
- DIRMHIRN, J., 1964: Das Strahlungsfeld im Lebensraum. – *Frankfurt (Akademische Verlagsgesellschaft)*.
- ELLENBERG, H., 1963: *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen*. – Stuttgart (Ulmer).
- FRANK, E. C., LEE, R., 1966: Potential solar beam irradiation on slopes. – *US For. Serv. Res. Paper RM-18*: 1–116.
- FREY, E., 1975: Beitrag zur Flechtenflora und -vegetation des Unterengadins zwischen Scuol und Martina. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/5: C286–C333.
- FURRER, E., 1961: Über «Windlöcher» und Kälteflora am Laucersee (Schwyz). – *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel* 32: 83–96.
- 1966: Kümmerfichtenbestände und Kaltluftströme in den Alpen der Ost- und Innerschweiz. – *Schweiz. Z. Forstw.* 117: 720–733.
- 1972: Kaltluftvegetation im Waagtal (Schwyz). – *Ber. Geobot. Inst. ETH Stiftung Rübel* 41: 21–24.
- GEIGER, R., 1961: Das Klima der bodennahen Luftschicht. – Braunschweig (Vieweg).
- GENSLER, G. A., 1946: Der Begriff der Vegetationszeit. – *Diss. Univ. Zürich*.
- HELD, J., 1941: Temperatur und relative Feuchtigkeit auf Sonn- und Schattseite in einem Alpenlängstal. – *Met. Z.* 58: 398–404.
- HELLER, H., 1969: Lebensbedingungen und Abfolge der Flussauenvegetation in der Schweiz. – *Mitt. schweiz. Anst. forstl. Vers.-wes.* 45: 1–124.
- INNEREBNER, FRIEDA, 1933: Über den Einfluss der Exposition auf die Temperaturverhältnisse im Gebirge. – *Met. Z.* 50: 337–346.
- JUNGHANS, H., 1969: Sonnenscheindauer und Strahlungsempfang geneigter Ebenen. – *Abh. met. Dienst DDR* 11/85: 1–106.

- KLAUSING, O., 1957:** Erfahrungen mit einem neuen Piche-Atmographen. – Met. Rundsch. 10: 158–162.
- LAUSCHER, F., 1937:** Grundlagen des **Strahlungsklimas** der **Lunzer Kleinklimastationen**. – Publ. (Beih. Jahrb., Jg. 1931) Zentralanst. Meteorologie u. Geodynamik Wien 146: 1–24.
- LEIBUNDCUT, H., 1938:** Wald- und Wirtschaftsstudien im Lötschental. – Beih. Z. Schweiz. Forstverein 18: 1–150.
- LÜDI, W., 1966:** **Lokalklimatische** Untersuchungen am Fuornbach (Ova dal Fuorn) und am Spöl im **schweizerischen Nationalpark**. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 10/56: 273–337.
- MAURER, J., 1916:** Bodentemperatur und **Sonnenstrahlung** in den Schweizer Alpen. – Met. Z. 33: 193–199.
- MAYER, H., 1961:** Märchenwald und **Zauberwald** im Gebirge. – Jb. Ver. Schutze Alpenpflanzen u. -tiere 26: 22–37.
- MÖRIKOFER, W., 1969:** Das Klima des Unterengadins im Vergleich mit demjenigen des Oberengadins. – *Jahresb. naturf. Ges. Graubünden* 93: 3–25.
- MOOR, M., 1958:** Pflanzengesellschaften schweizerischer **Flussauen**. – *Mitt. schweiz. Anst. forstl. Versuchsw.* 34: 221–360.
- NADIG, A., 1968:** Ökologische Untersuchungen im Unterengadin. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/1: 2–9.
- OCHSNER, F., 1975:** Die Moosflora der montanen Stufe des Raumes **Ramosch-Strada** und der angrenzenden Gebiete des Unterengadins. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/5: C213–C285.
- Schweiz. Meteorol. Zentralanst.: Annalen.
- STREIFF-BECKER, R., 1945:** Die Windlöcher bei Ennetbühl. – *Mitt. naturf. Ges. Glarus* 7: 247–255.
- THAMS, J. C., ZENONE, E., 1952:** **Über** Sonnenscheindauer und Globalstrahlung **auf** der Magadinoebene unter besonderer Berücksichtigung des Tabakanbaues. – *Landw. Jahrb. Schweiz* 66 (NF: 1): 139–180.
- TREPP, W., 1978:** Die Pflanzengesellschaften und **ihre** Dynamik im Untersuchungsraum San **Nicla-Strada**. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12 (im Druck).
- TRÜMPY, R., SCHLUSCHE P., 1972:** Erläuterungen zur geologischen Karte der Plattamala. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/2: 88–96.
- TURNER, H., 1958:** Maximaltemperaturen oberflächennaher Bodenschichten an der alpinen Waldgrenze. – *Wetter u. Leben* 10: 1–12.
- UTTINGER, H., 1968:** Ökologische Untersuchungen im Unterengadin. 2. Das Klima. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/1: 36–54.
- WALSER, E., 1968:** Ökologische Untersuchungen im Unterengadin. 3. **Hydrographischer Überblick**. – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/1: 55–67.
- ZOLLER, H., 1974:** Flora und Vegetation der **Innalluvionen** zwischen Scuol und **Martina** (Unterengadin). – *Ergebn. wiss. Unters. Schweiz. Nationalpark* 12/4: C1–C209.



Geologische Karte des Untersuchungsgebietes Plattamala-Reggia

Grundlage: Luftaufnahme
 von Rudolf Trümpy und Peter Schlüsche

2.1.		Schuttthalde aus Karbonatgesteinen (Dolomit)
2.2.		Felsstruz
2.3.		Schuttthalde, grobblockig, bewachsen
2.4.		Schuttthalde, fein- bis mittelblockig, bewachsen
2.5.		idem, unbewachsen
2.6.		idem, unbewachsen

aus
 Silikatgesteinen

4'0'		Зерсchnittener Muckegel (aus Sturzhalde)	
4'2'		q. Vasa, Karbonat > Silikat Hochliegende, terrassierter Schwemmkegel (Schüttung aus Aq)	
4'4'		Deltaabfotter	
4'3'		Tiefertiegende Innenschotter und -sandc	
4'5'		Innenschotter auf Felssteinen	
4'1'		Hochliegende Innablagelungen (Sandc, Kiese, darüber Blöcke)	
		4. Mit- bis ungebrogene Ablagerungen des Innz und seiner Seitenbäche	
3'1'		Motainen	
		3. Glaziale Schuttridungen	
2'3'		Kalkschiefer (Unterkreide?)	} Tassna-Decke
2'1'		Dolomit (Tass)	
		2. Ausstehende Karbonatgesteine	
1'4'		Amphibolite	} Decken operogefirine
1'3'		Helle Gneise (Ader- und Augengneise)	
1'5'		Muskovit- und Zweifhimmertgneise	
1'1'		Tassna-«Schist»	} Tassna-Decke
		1. Ausstehende Silikatgesteine	

8'4'		Kalkstein	
8'3'		Terrassen, Kinntranten usw.	
8'2'		Durch Kiesabbru u. dgl. stark umgestaltetes Gelände	
8'1'		Künstliche Schutthalden	
		8. Anthropogene Bildungen	
7'2'		Jüngste Hochwassersährte (Kiese, Decksandc, -siltc)	
7'4'		Ablagerungen in Flussverwägungen	
7'3'		Gegenwärtige Geschieberänke	
7'5'		Jüngere Terrasse	} ablagelung, Auselime (Geschieberänke, siltig-sandige Rinnen-)
7'1'		Ältere Terrasse	
		7. Jünge Innablagelungen	
6'6'		Sekundär verschwemmte Anteile älterer Schuttridungen	
6'2'		Jüngste Muckelc auf 6'4'	
6'4'		Aktiver Muckegel (x. T. mit Jungewuchs)	
6'3'		Inaktive Muckegel, bewachsen	
6'5'		idem, jüngste Ausbächer	
6'1'		Inaktiver, zerstückelter Schwemmkegel (Regia) (Karbonat > Silikat)	
		6. Jünge Schwemmkegel und Murablagelungen	
2'8'		Sturz- und Rollschutthalden, aus Silikatgesteinen und Innenschottern (Silikat > Karbonat)	
2'1'		Zerschnittene Schutthalden, x. T. verkittet, bewachsen	
2'6'		Schutthalde aus Karbonatgesteinen (Dolomit)	
2'2'		Felssturz	} Silikatgesteinen aus
2'4'		idem, unbewachsen	
2'3'		Sturzhalde, gropplockig, bewachsen	
2'5'		idem, unbewachsen	
2'7'		Sturzhalde, fein- bis mittelblockig, bewachsen	
2'1'		idem, unbewachsen	
		2. Holocene und rezente Schutthalden und Felsstürze	

von Rudolf Trumbly und Peter Schmalc
Grundlage: Luftaufnahme

Geologische Karte des Unterausschnittes des Plattana-Regia

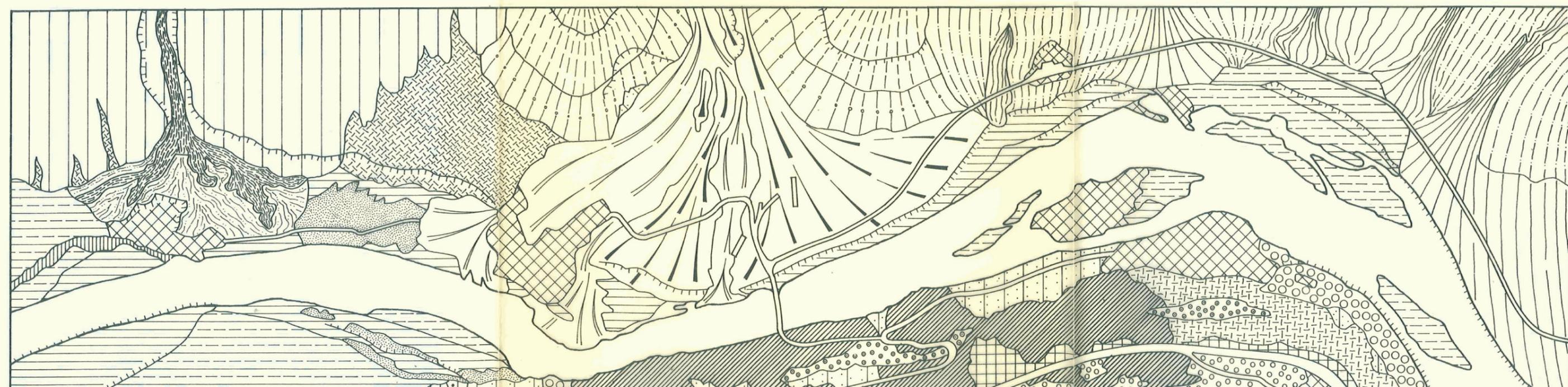




Abb. 1

Untersuchungsraum

R: Ramosch

Die Signaturen

R 1 - R 9 entsprechen

dem Mittelpunkt der

Untersuchungsflächen

(vgl. Einleitung S. 5)

Aufnahme der Eidg.

Landestopographie





Abb. 2

**Untersuchungsraum S:
San Nià-Strada**

Die Signaturen S 1 - S 8 entsprechen dem
Mittelpunkt der Untersuchungsflächen
(vgl. Einleitung S. 5)

Aufnahme der Eidg. Landestopographie

