

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse
Herausgeber: Schweizerischer Forstverein
Band: 100 (1949)
Heft: 1

Artikel: Karstaufforstung
Autor: Tschermak, Leo
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-766416>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 08.02.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

2. — 1943. Cinquante années d'application de la méthode du contrôle à la forêt de Couvet. *Journal forestier suisse*, 94 (4, 5, 6).
3. *Knuchel, H.*, 1933. Über Zuwachsschwankungen. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen*, 84, 261—272, 369—380.
4. — und *Brückmann, W.*, 1930. Holzzuwachs und Witterung. *Forstw. Centralblatt*, 74, 380—403.
5. *Meyer, H. A.*, 1935. A simplified increment determination on the basis of stand tables. *Journal of Forestry*, 33 (9), 799—806.
6. *Prodan, M.*, 1947. Der Stärkezuwachs in Plenterbeständen. *Schweiz. Zeitschr. f. Forstwesen*, 98 (7), 275—288.
7. *Schæffer, A., Gazin, A., d'Alverny, A.*, 1930. Sapinière. Le jardinage par contenance. *Les Presses universitaires de France, Paris*, 100 p.
8. *Schumacher, F. X.*, und *Meyer, H. A.*, 1937. Effect of climate on timber growth fluctuations. *Jour. Agri. Research*, 54, 79—107.
9. — und *Day, B. B.*, 1939. The influence of precipitation upon the width of annual rings of certain timber trees. *Ecological Monographs* 9, 387—429.
10. *Vaulot, G.*, 1914. Détermination des accroissements en diamètre des arbres. *Revue des Eaux et Forêts*, 53 (5), 145—154.

Karstaufforstung¹

Von Prof. Dr. *Leo Tschermak*, Wien

Im Dinarischen Gebirgswall und in den griechischen Gebirgen spielt das Karstphänomen eine besondere Rolle. Die Erscheinung hängt mit der stärkeren Zerklüftung des Kalkgesteins in der Nähe von Bruch- und Verwerfungsspalten und der dadurch bedingten Entwässerung und somit Wasserarmut zusammen, dann häufig auch mit dem Vorkommen ziemlich reiner Kalke, die bei der Verwitterung (Lösung des Kalkes) nur wenig Lösungsrest und somit erdarmer, steinige Böden ergeben. Die Löslichkeit der Kalkgesteine begünstigt die allmähliche Erweiterung der Gesteinsklüfte und Spalten und somit die Entwässerung. Dazu kommen klimatische Einflüsse wie Trockenheit des Sommers im Mittelmeerkarst, Bora und andere. Hie und da ist der Karst von Dolinen (Kalkmulden, Kalktrichtern und -wannen) übersät, in anderen Abschnitten treten sie seltener auf². Ihre Entstehung wird zurückgeführt teils auf oberflächliche Auswaschung, teils auf Einsturz von Decken unterirdischer, durch die Tätigkeit des Wassers entstandener Hohlräume. Wenn die Klüfte und Spalten des Gesteins durch die lösende Wirkung des Wassers erweitert werden, so können « geologische Orgeln, Naturschächte, Auswaschungs- und Karsttrichter » entstehen. Auch « Karrenfelder und Schratten » kommen im Karst vor: Lösungsvorgänge durch niederfallenden Regen oder abfließendes Wasser, mit launenhaft gestal-

¹ Aus dem zur Veröffentlichung vorbereiteten Buche *L. Tschermak: Grundlagen und Technik des Waldbaues*, Springer-Wien, 1949.

teten Zacken und Kämme an der Oberfläche des Gesteins, hervorgerufen durch die verschiedene Angreifbarkeit des Gesteins an verschiedenen Stellen und durch ungleiche Verteilung des Lösungsmittels, ein Gewirr von Rillen. Die Roterde ist dem Karst eigentümlich, sie ist ein Gemisch von Sesquioxiden und Silikaten, entsteht im Karstgebiet hauptsächlich auf Kalk³. Unterirdische Wasserläufe sind häufig, da und dort treten besonders starke Quellen zutage. Oft handelt es sich um kahle oder fast kahle Steinflächen oder Hänge, die Dürftigkeit ihrer Vegetation ist außer der Wasserarmut und den sonstigen natürlichen Ursachen auch der seit Jahrhunderten geübten Kleinviehweide und sonstigen wirtschaftlichen Eingriffen zuzuschreiben. Auch auf manche Kalkgebirge im Süden und Westen Kleinasiens kann man sinngemäß den Begriff der Verkarstung anwenden.

Folgende Gegenstände sollen in der vorliegenden Abhandlung dargestellt werden:

1. Begriff und Ausdehnung des Karstes, Einfluß des Grundgesteins, des Klimas und des Weidebetriebes auf die Verkarstung.
2. Schaffung von Waldschongebieten, Anwendung der Wesselyschen « Resurrektionshiebe », Rücksichtnahme auf die Weide.
3. Die Technik der eigentlichen « Karstaufforstung ».
4. Gefährdung der « Karstkulturen ».
5. Nachträgliche « Bestandesumwandlung » durch Anbau anderer Holzarten unter dem gelockerten Schwarzföhrenbestand (oder unter dem Schirm der Aleppokiefer, bzw. *Pinus brutia*).
6. Ergebnisse der Karstaufforstung; Wuchsleistungen der Karstaufforstungsbestände; Zustand der Kulturen in den letzten Jahren.
7. Aufforstungen auf Kalködländ im Süden des Mittelmeergebietes im warmen, sommertrockenen Klima.

1. Begriff und Ausdehnung des Karstes, Einfluß des Grundgesteins, des Klimas und des Weidebetriebes auf die Verkarstung

Unter dem Begriff « Karst » im naturwissenschaftlichen Sinne werden nicht nur vegetationsarme Gebiete zusammengefaßt, sondern auch ausgedehnte, von Hochwald bedeckte Flächen gehören dazu, sofern die « Karsterscheinungen » dort festzustellen sind. Unter diesen versteht der Geologe das Auftreten zerklüfteter, scharfkantig zerfallender Kalkgesteine (in der Regel in der Nähe von Bruch- und Verwerfungsspalten), die durch das Vorkommen von trichterförmigen Einsenkungen (« Karstrichter »), « Dolinen », das sind rundliche Vertiefungen auf dem Kalkplateau und seinen Abhängen, « Karstwannen » (längere solche Bildungen), « Poljen » (große, eine ebene Sohle besitzende Einsenkungen), Höhlen, durch unterirdische Wasserläufe und den Mangel oder die Spär-

lichkeit oberirdischer Quellen ausgezeichnet sind. Im Grunde der Kalktrichter usw. finden sich nicht selten sogenannte *Schluckschlünde*, welche die Vertiefung *nach einem Höhlengerinne oder einer Spalte des Gebirges hin entwässern*.

Innerhalb der Gebiete mit den angegebenen geologischen Erscheinungen gibt es ausgedehnte Flächen holzlosen, *vegetationsarmen, mit wenig Gestrüpp bewachsenen oder ganz ertraglosen Bodens*; auf diese Flächen wird die landläufige Bezeichnung « Karst » *im engeren Sinne* angewandt. Der Karst erstreckt sich über Innerkrain (gegenwärtig zu Slowenien gehörig), wo die nördliche Begrenzung des Karstgebietes von Karfreit gegen Krainburg und zum Maschitzberge geht, weiter über die Gebiete von Görz-Gradiska, Triest, dann den südlichen und nördlichen Teil Istriens, den größten Teil Dalmatiens, die dalmatinisch-istrischen Inseln, Teile von Kroatien (Fiume, Lika, Otočac, Ogulin), von Bosnien (Kreis Bihač, Bezirke Livno und Županjac), den größten Teil der Herzegowina (besonders die Bezirke Stolac und Ljubinja), den an Dalmatien grenzenden Teil von Montenegro. Ausgedehnte verkarstete Flächen auf Kalkgrundgestein gibt es auch in Griechenland. In Bulgarien berichtete *Bioltshoff*⁴ über den verödeten Karst in seinem Heimatlande. Über ausgedehnte Flächen verödeter Böden in Rumänien erschien eine Arbeit von *Haralamb*⁵. Daß es auch in den Gebirgen im Süden und Westen Kleinasiens verkarstete Kalkberge gibt, wurde schon erwähnt. Das Ausmaß des « Karstes im engeren Sinne » in Krain, dem Küstenland samt Inseln, Kroatien, Slowenien, Dalmatien samt Inseln, Bosnien, Herzegowina schätzte *F. Holl* (1901) auf 64 400 km². Die Meereshöhe des Karstgeländes wechselt, der Innerkrainer Karst zum Beispiel liegt zwischen 110 m und 1174 m ü. M.

Über den Zusammenhang zwischen den Karsterscheinungen und dem Vorhandensein von tektonischen Linien, Verwerfungsklüften und dergleichen ist die geologische Auffassung ungefähr die: Wannens, Trichter, Dolinen, Poljen, Höhlen usw., die Auswaschungserscheinungen aller Art, die im Karst häufig vorkommen, sind wohl Werke des auflösenden und abspülenden Wassers, aber ihre Anlage steht doch unter dem Einfluß von Baulinien, Verwerfungsklüften und sonstigen Spalten des Gebirges, welche dem Wasser den unterirdischen Weg vorbereitet und erleichtert haben⁶.

Auf der Sohle der Dolinen sammelt sich die von den umgebenden Hängen durch das Niederschlagswasser abespülte Roterde, sie ist bei mächtiger Ablagerung wasserundurchlässig infolge der größeren Bindigkeit des Materials. In dem sonst wasserarmen Karst vermögen dann die Dolinen etwas Wasser und selbst Quellen zu führen, sie zeichnen sich daher auch durch ein auffallend besseres Gedeihen der Vegetation aus. Daß es sonst an oberirdischem Wasser mangelt, ist hauptsächlich auf

das Vorhandensein der Löcher, Spalten und Höhlen zurückzuführen. Die Öffnung, durch die das Wasser den unterirdischen Abfluß findet, bezeichnet man auch als « Ponor ». Oft sind die Ponore höhlenförmig. Wenn das oberirdische Wasser in den Kesseltälern einen zu geringen Abfluß findet, so verwandelt sich das Tal in einen vorübergehenden See; ein Beispiel eines solchen ist der Zirknitzer See in Krain. In der Türkei traf ich bei Kirggöz, nördlich von Antalya, am Fuße verkarsteter Kalkberge, vorübergehende, nur als winterliche Überschwemmung bestehende Seen, die von starken, am Fuße der Berge zutage kommenden Quellen gespeist werden und somit aus der Ansammlung des Wassers unterirdischer Karstbäche bestehen. Aus Bosnien berichtete Petraschek, daß die Sohlen der Poljen 300 bis 1200 m ü. M. liegen; sie werden vorzugsweise im Herbst und Frühjahr durch das unterirdische Wasser überschwemmt und, wenn der Zufluß sich vermindert, durch Sauglöcher und Ponore, durch die das Wasser nach unterirdischen Hohlräumen abfließt, wieder entwässert. Insgesamt gab er für Bosnien und die Herzegowina 49 Poljen mit einem Flächeninhalt von 157 720 ha an, wovon etwa 56 000 ha periodisch überschwemmt und ungefähr 19 000 ha versumpft sind. Als die bedeutendsten Poljen führte er jene in Südwestbosnien an (Livno, Glamoč, Kupreš und Županjac); in der Herzegowina das Mostarsko blato und andere⁷.

Das *Klima* im Karstgebiet ist nicht einheitlich. In Küstennähe längs der Adria, im *Mittelmeerkarst*, von der Küste bis zu 150 oder 200 m ü. M., herrscht das mediterrane Klima mit milden Wintern, sehr warmen, trockenen, fast regenlosen Sommern. Die Mildheit des Winters wird örtlich gestört durch einen kalten, trockenen Nord- oder Nordostwind, die Bora. Der kroatische Seekarst und besonders die Gegend von Zengg hat stark von der Bora zu leiden (F. Holl, 1901). Im mediterranen Teil des Karstgebietes, also im küstennahen unteren oder Mittelmeerkarst, können Feigen, Oliven, Orangen, Zitronen gedeihen sowie Gehölze des Lauretums, besonders immergrüne Macchie. Bei Pola finden sich, wie Pucich berichtet, außer der orientalischen Weißbuche (*Carpinus duinensis*): Pistazien, Bestandteile der Macchie wie *Arbutus Unedo*, *Myrtus communis*, *Viburnum tinus*, *Erica arborea* und andere. Die nächsthöhere Stufe, der *Mittelkarst* in Höhen von 150 oder 200 m bis zu 700—800 m, enthält *Fraxinus-Ornus*-Mischwald mit *Quercus pubescens* und *Cerris*, *Ostrya carpinifolia* und, wie schon der Name dieses Mischwaldes andeutet, der Manna-Esche. Im Sinne der Mayrschen Zonenbildung gehört der Mittelkarst zum Castanetum. Die Niederschläge sind größer, Einfälle der Bora kommen vor. Der höhere Teil des Karstgebietes, zum Beispiel in Krain, Kroatien, Bosnien usw., der « *Hochkarst* », hat reichliche und gut verteilte Niederschläge, daher eine üppigere Vegetation, er gehört hauptsächlich dem Fagetum, stellenweise sogar dem Picetum

an; im Hochkarst spielt die Aufforstung eine geringere Rolle als in den beiden übrigen Höhenstufen des Karstes. Diese Teile stehen unter dem Einfluß eines dem mitteleuropäischen ähnlicheren gemäßigten Klimas mit strengeren Wintern, Schneefällen, die Bora tritt auch in diesem Teil des Karstes, und zwar in Krain, Kroatien und im westlichen Bosnien, im Winter unangenehm auf. Die mittlere Jahresniederschlagsmenge beträgt auf dem krainischen Karste 1500 mm, die Hauptmengen der Niederschläge entfallen in Krain auf den Sommer und Herbst (« Karstaufforstung in Krain », Wien, 1907, S. 12). Die gleiche Schrift verweist aber auch auf die im Karst (Gebietsteil gemäßigten Klimas) im Juli bis Mitte August herrschende Dürre, die, von trockenen Ostwinden begleitet, je nach ihrer Dauer die Bodenvegetation und die Karstkulturen mehr oder weniger beeinflusst. *Das Grundgestein und das Klima schließen auf dem Karst das Vorhandensein einer Waldvegetation nicht aus.* Wohl aber vermögen Boden und Klima zu bewirken, daß die *Entwaldung durch wirtschaftliche Einflüsse, besonders Viehweide* und übermäßige Holznutzung, *stärkere und nachhaltigere üble Folgen* in bezug auf die Verödung der Landschaft mit sich bringen als es in feuchteren, weniger zerklüfteten, weniger stark drainierten, kühleren Gebieten der Fall wäre.

Menschliche Eingriffe, insbesondere der *Weidebetrieb*, bewirken unter den angegebenen geologischen und klimatischen Verhältnissen die Zerstörung der Vegetation.

Schon J. W e s s e l y schrieb (1875) über den kroatischen Seekarst: Die Entwaldung habe nur den Anlaß zur Verödung gegeben; aber « die schrankenlose, jede Rücksicht auf das allgemeine Wohl und die eigene Zukunft beiseite lassende Ausbeutung zur Viehweide sei der Dämon, der den vom Schatten des Hochholzes befreiten Boden zur Wüste machte ». 1764 seien dort auf Befehl der Regierung Tausende von Ziegen geschlachtet und wegverkauft worden; aber bis zur Wende des Jahrhunderts hätten sie sich wieder so vermehrt, daß dann ihre Zahl im Carlstädter Generalate 64 000 betrug. (Ich möchte daraus schließen, daß dauernde Abhilfe nicht durch Gewaltmaßnahmen erreicht werden kann, sondern nur durch Zusammenwirken mit der Bevölkerung, wirkungsvolle Belehrung und Gewinnung dieser für ein maßvolles Programm, das sowohl die Bedürfnisse der Viehzucht als auch die Walderhaltung, Wiederbegründung und Schonung an geeigneten Örtlichkeiten berücksichtigt!) J. P u c i c h (1907) berichtet, daß in Istrien neben Großvieh sehr viel Schafe gehalten und meist auf Gemeindegründen geweidet werden. Auf der Insel Cherso gebe es viele Tausende Schafe, die das ganze Jahr hindurch frei weiden und förmlich verwildern. Da sie wenig Grasnahrung finden, wurde von ihrem Biß gar keine Pflanze verschont, selbst der Wacholder wurde von ihnen abgeweidet. Auch sollen wegen Nahrungsmangels alljährlich einige tausend Stück zugrunde gegangen sein. Selbst bis 1,5 m hohe Mauern wurden von ihnen auf der Suche nach Nahrung übersprungen.

Da bei der Wiederbewaldung des Karstes die aufzuforstenden Flächen der Weide entzogen, mit Trockenmauern vor der Beweidung geschützt und in Hege gelegt werden müssen, so ergab sich in vielen Fällen, daß die Bevölkerung von der weiteren Aufforstung eine einschneidende Schmälerung ihrer Weideinteressen fürchtete. Die Bevölkerung ist zu-

meist arm, hat um das tägliche Brot schwer zu kämpfen und empfindet den Entgang auch eines geringfügigen Nutzens schmerzlich, für sie ist die Erhaltung der Weide eine dringende Gegenwartsaufgabe, während die Bewaldung in der Hauptsache erst späteren Generationen zugute kommen kann. Eine ablehnende, ja feindliche Haltung der Bevölkerung kann also nur vermieden werden, wenn die Auswahl der aufzuforstenden Grundstücke unter Rücksichtnahme auf die Weidebedürfnisse erfolgt und die Weideberechtigten allmählich dafür gewonnen werden, die Vorteile der Bewaldung einzusehen.

Zu den Arbeiten der Karstaufforstung gehört nicht nur die Wiederbegründung des Waldes auf verkarsteten oder der Verkarstung entgegengehenden Flächen durch Pflanzung (oder Saat), einschließlich der Verhegung und Einfriedung, sondern auch die Sorge dafür, daß dort, wo noch Reste von Laubbäumen und Sträuchern verschiedenen Erhaltungszustandes vorhanden sind, durch deren zweckmäßige wirtschaftliche Behandlung und Schonung Ausschlagwald geschaffen werde.

2. Schaffung von Waldschongebieten, Anwendung der Wesselyschen « Resurrektionshiebe », Rücksichtnahme auf die Weide

Ausgedehnte Karstflächen, deren Bestockung zu bloßem Gestrüpp herabgesunken ist, besitzen in den durch Viehverbiß und Holznutzung verkrüppelten Holzgewächsen Reste des ehemaligen Waldes, die oft nurmehr polsterartig die Fläche bedecken. Österreiche Forstwirte, die sich Jahrzehnte hindurch mit der Wiederbewaldung des Karstes befaßten, haben beobachtet, daß die seit langer Zeit vom Vieh verbissenen, gänzlich verbutteten Kollerbüsche nach bloßer Einfriedung sich nur langsam erholen. Wurden dagegen die Laubholz-Krüppelwüchse auf den Stock gesetzt, so wurden innerhalb der Einfriedungen bessere, geradwüchsige Ausschläge erzielt.

Schon Wessely berichtete im Jahre 1875: «Setzt man solche Gebüsch auf den Stock oder auf die Wurzel, und pflanzt man die zwischen ihnen vorkommenden leeren Bodenstellen gehörig aus, so gelingt es, dasjenige, was bisher nichts als magere steinige Weide war, ohne weiteres in einen gutwüchsigen Wald zu verwandeln, der allen Anforderungen einer guten Forstwirtschaft entsprechen kann.» Er schrieb weiter: «Um dem Kind einen treffenden Namen zu geben, will ich diese Verwandlungs-Operation „Waldresurrektion“ und den bezüglichen Hieb „Resurrektionstrieb“ heißen.» Er berichtete, die Forstverwaltung der Militärgrenze habe schon früher den Vorteil solcher Hiebe erkannt und in den Jahren zwischen 1865 und 1872 schon 4464 Joche bebuschter Gemeindehutweiden in ziemlich wüchsiges Gehölz umgewandelt. Den Schutz gegen weitere Schädigung habe man in richtiger Würdigung der Verhältnisse durch Umfangung des Geländes mit landesüblichen Trockenmauern aus Karstgestein hergestellt.

Die Bezeichnung « Resurrektionshieb » (oder auch « Verjüngungshieb ») ist auch heute noch üblich. Die Wirkung eines Schutzes gegen

das Weidevieh kann man in den Gebieten der bebuschten Hutweiden leicht und häufig beobachten. So sah ich zum Beispiel in der Umgebung von Konstantinopel, daß inmitten ausgedehnter Weideflächen mit niedrigen, kaum kniehohen, verbissenen Hartlaubbüschen jene Grundstücke, die von Mauern umgeben, also seit langem durch die Einfriedung gegen das Weidevieh geschützt waren, eine frohwüchsige, stattliche, mehrere Meter hohe Vegetation, aus den gleichen Arten von Hartlaubbüschen und -bäumen zusammengesetzt, aufwiesen.

Die Auswahl der Grundstücke für Resurrektionshiebe und für Schonung und Hegelegung hat unter Rücksichtnahme auf die Weide- und sonstigen Nutzungen der Bevölkerung zu erfolgen. Die Heimweide in der Nähe der Gehöfte darf selbstverständlich nicht vermindert werden, die sonstigen besten Weideplätze auch nicht. Es ist zu bedenken, daß die Karstflächen der volkswirtschaftlich wichtigen Viehzucht als Hutweiden dienen. In den einzelnen Gemeinden ist von den bebuschten Hutweiden nur soviel in die Aufforstung (Resurrektion) einzubeziehen, daß die übrige Fläche noch einigermaßen zur Ernährung des vorhandenen Viehstandes dieser Gemeinde ausreichen kann. Nur wenn auf anderem Wege, etwa durch Düngung, Bewässerung, Schwendung von Unkräutern auf Weideflächen und dergleichen für vermehrte Futtererzeugung gesorgt werden kann, könnte von diesem Grundsatz abgewichen werden. Die Aufforstung ist nicht Selbstzweck, sondern erfolgt der Karstbewohner wegen, dies kann vernünftigerweise nur unter sorgfältiger Rücksichtnahme auf ihre Lebensbedürfnisse geschehen. Stark windgefährdete Orte sind (wegen der schädlichen Wirkung der Bora) zu vermeiden. Zu hoch gelegene, für Ausschlagbetrieb zu kalte Lagen sind für die Resurrektionshiebe gleichfalls nicht auszuwählen. Hinsichtlich der Lage der auszuwählenden Grundstücke ist auch die Möglichkeit einer intensiven Überwachung der Schongebiete zu berücksichtigen. Die Einfriedung ist notwendig wegen des in vielen Karstgebieten ohne Aufsicht von Hirten weidenden Viehes. Die Einfriedungsmauern erhalten das Querprofil eines Trapezes (zum Beispiel Basis 0,60—0,75 m, Krone 0,30—0,45 m, Höhe mindestens 1,20 m). Die Herstellung der Trockenmauern kann den ländlichen Karstbewohnern übertragen werden, die eine große Geschicklichkeit in der Errichtung solcher Mauern besitzen. Die Mauerkrone wird zweckmäßigerweise mit Dornestrüpp (im Mittelmeerkarst mit *Paliurus aculeatus*) belegt. Wegen des Windanpralles werden die dornigen Zweige mit Steinresten gut beschwert. Die Mauern müssen an passenden Stellen Eingangspforten in genügender Anzahl besitzen (manchmal auch Übergangsstufen, indem länger geformte Steine beiderseits der Mauer herausragen).

Der Plan für umfangreichere Verjüngungshiebe hat die künftige Lagerung der Jahresschläge, die Holzbringung mit Vermeidung jener

durch verjüngte Schläge, die Abfuhrwege und den Schutz gegen schädliche Wirkungen der Bora zu berücksichtigen. Man trachtet, der Bora und ihren Wirkungen in bezug auf Laubverwehung, Austrocknung, Frost dadurch zu begegnen, daß man die zu regenerierenden Krüppelwaldreste entgegen der Richtung, aus welcher die Bora droht, also von Südwest gegen Nordost fortschreitend, auf den Stock setzt. Der Zeitpunkt des Hiebes ist das erste Frühjahr nach erfolgter Einhegung, und zwar vor Beginn des Laubausbruches. Da aber im Frühjahr die Arbeitskräfte durch die Feldbestellung in Anspruch genommen sind, so kann der Hieb im Spärtherbst oder Frühwinter erfolgen. Als beste Hiebshöhe gibt G e s c h w i n d an: « 3 bis 5 cm oberhalb der im Bodenniveau liegenden Grenzzone zwischen Stamm und Wurzel », weil die Ausschläge, die am Wurzelhals entspringen, am kräftigsten sind, sie zeigen Neigung, sich selbständig zu bewurzeln, « wodurch die von uns durch die Führung der Resurrektionshiebe beabsichtigte Regeneration wesentlich gefördert wird ». Bei etwas höheren Stöcken dagegen würden die auf dem Überwallungsring der Abhiebsfläche sich bildenden Stockausschläge, weil sie in der Ansatzstelle brüchig sind, der Bora häufig zum Opfer fallen. Bei einem noch tieferen Hieb als dem von G e s c h w i n d angegebenen möchte Wurzelbrut entstehen, die bei manchen Holzarten bald nach dem Entstehen eingeht oder gegenüber den Stock- und Wurzelausschlägen zurückbleibt. Als Geräte für die Ausführung des Resurrektionshiebes kommen Hippen und Äxte nur dort mit Vorteil in Betracht, wo der Boden nicht zu steinig ist. Auf steinigen Karstböden würden diese Werkzeuge infolge des tief zu führenden Hiebes bald unbrauchbar werden. Dagegen lassen sich mit der Durchforstungsschere ziemlich starke Stämmchen zwischen den Steinblöcken bequem abschneiden. Sie ist also das geeignetste Werkzeug; außerdem soll man für starke Krüppelwüchse eine Hippe mitführen. Hingegen hat sich die Handastschere nicht bewährt, sie eignet sich nicht zum Durchschneiden des (infolge des langsamen Wuchses oft beinharten) Holzes. Allenfalls vorhandene Kernwüchse und besser geformte Ausschläge können vom Hieb verschont werden zur baldigen Erzielung stärkerer Holzsorten, vor allem dort, wo in ihrer Umgebung eine genügende Anzahl von Ausschlägen zu erwarten ist, welche die Überhälter vor Gefahren schützen.

H o l l (Sarajewo) führte an: « Die neuen Triebe zeigen anfangs ein Wachstum, wie es der beste Niederwald der Niederungen nicht besser aufweist, einzelne Schößlinge erlangen bereits im ersten Jahre eine Länge bis 1 ½ Metern und darüber. In den folgenden Jahren läßt der Höhenwuchs (wie in anderen Niederwäldern auch) nach, immerhin erhält man auf diese Weise innerhalb weniger Jahre einen frohwüchsigen Jungwald. » Die Wirkung des Verjüngungshiebes könne man am besten beurteilen, wenn sich daneben eine in Schonung gelegte, aus verbissenem Gestrüpp bestehende Karstfläche befinde, auf die sich der Hieb nicht erstreckte. Die erste Fläche zeige nach einigen Jahren schönen Niederwald, die andere habe dann immer noch ein kümmerliches Aussehen.

Wo allzu viele Ausschläge erscheinen, müssen die schwächeren und schlechtwüchsigen im Wege von Durchreiserungen beseitigt werden. Dieser Aushieb (mit Hippen) geschieht zur Vermeidung abermaligen Ausschlagens im Sommer. Die dabei anfallenden beblätterten Triebe können als Futterlaub verwendet werden. Später einsetzende Durchforstungen entnehmen auch in diesem Ausschlagwald die kranken, schadhafte, umgebogenen, unterdrückten, rückgängigen, gebrochenen und toten Loden zugunsten der bestgeformten. Dadurch wird nicht nur der Zuwachs an der zurückgebliebenen Bestockung gesteigert, sondern es werden auch noch die im Karste so sehr begehrten Zwischennutzungen in Form von Holz und Futterlaub gewonnen. In den aus Buschwäldern und bebuschten Hutweiden hervorgegangenen regenerierten Ausschlagwaldbeständen des Karstes sind in der Regel Lücken und Blößen. Manche Karstkultivatoren pflegten sie entweder gleichzeitig mit dem Resurrektionshieb oder erst nachher mit Schwarzkiefern auszupflanzen. Die Erfahrungen haben aber ergeben, daß sich auf den Lücken, wenn sie nicht beweidet werden, ohnehin bald Ausschläge einstellen. Man kann sich daher das Einsetzen der Schwarzkiefern ersparen, indem man die Lücken und Blößen während des ersten Umtriebes nicht kultiviert, sondern abwartet, ob sich Bestockung einstellt. Solange sie fehlt, können die Lücken als Grasland verwendet werden. Ungestörte Karstwaldreste im Mittelkarst (*Fraxinus-Ornus*-Mischwald) weisen öfter so lockere Bestände auf, daß sich unter ihnen üppiger Graswuchs einstellt, zum Beispiel der 400 ha große Waldrest Lipizza, von dem J. P u c i c h (1900) schrieb: « Diese Bestände, welche gewissermaßen als beholzte Grasflächen anzusehen sind, bilden gleichsam das Ideal der Karstbewaldung. »

3. Die Technik der eigentlichen « Karstaufforstung »

Die Aufgabe der Karstbewaldung wurde zuerst von Österreich und Ungarn (zur Zeit der Monarchie) in großem Stil in Angriff genommen. Nach dem ersten Weltkrieg ging sie an Italien und mit dem Krainer sowie mit dem ehemals ungarischen Anteil an Jugoslawien über. Die Gemeindevertretung von Triest stellte schon 1842 die ersten Versuche der Aufforstung von Karstgründen an (durch Saat auf unbearbeitetem Boden, Schutz durch Trockenmauern). Diese Aussaaten mißlingen aus begreiflichen Gründen. Auch weitere Versuche mit Saaten in Gräben mit tiefer Bodenbearbeitung und mit den auf dem Karst einheimischen Laubholzarten wie Eiche, Ulme, Hopfenbuche, Blumenesche, Hainbuche usw. waren dennoch erfolglos. Die Stadtgemeinde ging dann zur Pflanzung über und legte Pflanzschulen an, eine Aufforstungskommission wurde gebildet und die Leitung der Arbeiten österreichischen Forsttechnikern übertragen. Im Jahre 1859 wurden zwei Grundstücke im Einvernehmen mit den weidberechtigten Landwirten unter persönlicher Leitung des Vorstandes des k. k. Forstamtes Görz, Forstmeister Josef Koller, aufgeforstet. Diese Versuche gelangen sehr gut. Koller erkannte die Schwarzföhre wegen ihrer geringen Boden- und Feuchtigkeitsansprüche als die geeignetste Holzart für die Wiederbewaldung des Karstes.

Mit Recht hebt R u b b i a hervor, dem Forstmeister J. K o l l e r gebühre das Verdienst, auf die Eignung der Schwarzföhre für die Aufforstung kahler Karstgründe zuerst hingewiesen zu haben. Er soll schon vorher die erste Aufforstung mit Schwarzföhren im Reichsforst Corneria bei Buje in Istrien ausgeführt und so die nötigen Erfahrungen gesammelt haben. Von den zahlreichen Holzarten, die das Karstgebiet von Natur aus besiedeln, sind nur wenige für dessen künstliche Wiederaufforstung geeignet, wohl aus dem Grunde, weil nach der Entwaldung und dem Abtrag eines Großteiles der Bodenkrume die Bodenverhältnisse und insbesondere dessen Wasserführung für die künstliche Aufzucht der meisten Arten nicht sofort entsprechen. Die Widerstandsfähigkeit der Schwarzkiefer gegen Hitze, Kälte und Wind, ihre Anspruchslosigkeit, ihre tiefreichende Bewurzelung, die ihr auch in scheinbar trockenen, steinigten Böden ermöglicht, aus Klüften und Spalten die nötige Nahrung zu holen, machten es möglich, sie in großem Maßstabe dort zu verwenden, wo andere Holzarten meist versagten. Dank ihrem reichen Streuabfall ist sie geeignet, den Karstboden für andere Holzarten vorzubereiten. Sie soll auch nur als Vorkultur dienen, um den herabgekommenen Boden zu verbessern und die spätere Bestandesumwandlung durch Anbau anderer Holzarten unter ihrem gelockerten Schirm vorzubereiten. Besonders für den *Mittelkarst* (von 150 oder 200 m bis 700 oder 800 m), der dem Castanetum und dem Übergang vom Castanetum zum Fagetum angehört, ist die österreichische Schwarzkiefer geeignet; Karstflächen dieser Höhenstufe befinden sich nicht allzu weit entfernt von Standorten natürlichen Vorkommens der Schwarzkiefer, ihre Klimaverhältnisse dürften daher den Ansprüchen der Schwarzkiefer entsprechen. P a v a r i (1937) empfiehlt für den *Mittelkarst* neben der Schwarzkiefer auch die griechische Tanne, *Abies cephalonica*, die sich bereits bei der 1884 vorgenommenen Aufforstung des Monte Cocus bei Basovizza auf kahlem Felsboden « bis heute » (1937) bewährt habe. Sie vermag den Boden sehr gut zu schützen, außerdem besitzt sie den Vorzug großer Widerstandsfähigkeit und leichter Vergesellschaftung mit Laubhölzern, wie Buche, Ahorn, Bergulme, Esche. (Besonders zu der noch zu besprechenden Umwandlung von Schwarzkiefernbeständen ist sie im Klima dieser Höhenstufe geeignet.) Dagegen wurde im *unteren oder Mittelmeerkarst* (an der Meeresküste, nach oben bis 150 oder 200 m reichend) mit Recht auch *Pinus halepensis* und *Pinus brutia* verpflanzt, die für das mediterrane wintermilde Klima in Küstennähe geeigneter sind. Bei Triest und Pola gibt es gegenwärtig schon über fünfzigjährige Bestände dieser Holzarten (P a v a r i), auch für die Aufforstung des Seekarstes und in Dalmatien wurden sie schon vor Jahrzehnten verwendet. *Pinus halepensis* und *Pinus brutia* stehen in bezug auf die Bescheidenheit ihrer Standortansprüche und auf die Widerstandsfähigkeit gegen Hitze der Schwarz-

kiefer nahe. Sie sind aber wegen ihrer Wärmeansprüche, Empfindlichkeit gegen Winterkälte, an die Meeresnähe und an geringere Meereshöhe gebunden. Die Pinie, *Pinus pinea*, braucht gleichfalls milde Winter und ist daher auch im Karstgebiet auf Standorte in der Nähe der Meeresküste, zum Beispiel im südlichen Dalmatien, angewiesen. Für die Schwarzkiefer erwies sich diese unterste Stufe wegen ihres zu heißen Klimas und der zu langen Vegetationszeit als weniger geeignet, hier ist auch die Insektengefahr für sie am größten.

Für den *Hochkarst* (höher als 700—800 m, bei geographischen Breiten entsprechend der Lage der ehemals österreichischen und ungarischen Karstgebiete) ist in der wärmeren und mittleren Stufe des Fagetums, etwa bis 1100 m, die österreichische Schwarzkiefer auf armen Böden noch durchaus am Platze. In dieser Höhenstufe käme, wo es die Bodenverhältnisse gestatten, noch die Beimischung von Weißtanne, Fichte und Buche in Frage (die sich im Mittelkarst weniger bewährt haben). In der Herzegowina und in Teilen von Bosnien kann in verkarsteten höheren Gebirgslagen die dort natürlich verbreitete *Pinus leucodermis* Anwendung finden.

Auch *Laubholzkulturen* sind im Karst bei standortsgerechter Wahl der Holzart und sorgfältiger Kulturausführung trotz mancher schlechten Erfahrungen nicht immer erfolglos. Für den Mittelkarst kommen *Quercus pubescens*, *Fraxinus Ornus*, *Ostrya carpinifolia*, Robinie, Ulmen, Ahorne in Frage, für den unteren Karst auch Maulbeerbaum, Mahaleb-Kirsche, Zürgelbaum. F. Holl (1901) berichtet, daß die Blumenesche, deren Laub ein vorzügliches Viehfutter liefert, sich für die Karstaufforstung in den unteren und mittleren Lagen sehr gut bewährt habe und überall da in Betracht zu ziehen sei, wo die Standortverhältnisse ihrem Anbau günstig sind und der Futternot gesteuert werden soll. (Aus dem natürlichen Vorkommen von Resten des *Fraxinus-Ornus*-Mischwaldes könnte man auf die für sie günstigen Standortverhältnisse schließen.) Das gleiche gelte von der Hopfenbuche, in minderm Grade auch von der orientalischen Hainbuche. Von den Ahornarten eignet sich besonders der stumpfblättrige Ahorn, *Acer obtusatum*, und der dreilappige oder französische Ahorn, *Acer monspessulanum*, für die Aufforstung im *Mittelkarst*, während im *Hochkarst* auch Berg- und Spitzahorn zu gedeihen vermögen. In geschützten Lagen können *Juglans regia* und *Castanea vesca* auch wegen ihres Fruchtertrages für den Anbau in Betracht kommen. Als Mischholzart kann auch die Linde verwendet werden, oft stellt sie sich in Schwarzföhren-Aufforstungen durch natürliche Verjüngung ein. Nach Eintritt des Bestandesschlusses der Schwarzföhren steigert sich der Höhenzuwachs der Linde, sie bleibt dann dauernd vorwüchsig.

Wie sehr neben den genannten anderen Holzarten die *Schwarzkiefer* bei der Karstaufforstung den Vorrang hatte, geht auch aus Zahlen über die verwendeten Pflanzen hervor.

So zum Beispiel berichtete J. P u c i c h über die Aufforstung im ehemaligen österreichisch-illyrischen Küstenlande (Görz-Gradiska, Triest, Istrien), Stand 1906, daß zur Aufforstung von 7229 ha samt Nachbesserungen und Unterbau verwendet wurden: 102 076 200 Stück Pflanzen und 6034 kg Samen; davon waren:

<i>Pinus nigra austriaca</i>	90 851 000	Stück	Pflanzen,	bzw.	63 kg	Samen
<i>Pinus brutia</i>	1 207 100	»	»	»	22 kg	»
<i>Pinus halepensis</i>	357 600	»	»	»	26 kg	»
<i>Pinus maritima</i>	143 300	»	»	»	156 kg	»
<i>Pinus nigra corsicana</i>	901 100	»	»	»	6 kg	»
<i>Pinus Strobus</i>	19 500	»	»	»	5 kg	»
<i>Picea excelsa</i>	5 461 400	»	»	»	2 kg	»
<i>Larix europaea</i>	1 669 900	»	»	»	— kg	»
<i>Abies pectinata</i>	48 000	»	»	»	377 kg	»
Verschiedene andere Nadelhölzer wie <i>Pinus leucodermis</i> , <i>P.</i> <i>pinea</i> , <i>Abies Apollinis</i> , <i>Juni-</i> <i>perus virginiana</i> , <i>Cupressus</i> <i>sempervirens pyramidalis</i> , <i>Cedrus Deodara</i> usw.	52 200	»	»	»	26 kg	»
Summe der Nadelhölzer	100 711 100	Stück	Pflanzen,	bzw.	683 kg	Samen
<i>Robinia pseudacacia</i>	696 500	»	»	»	20 kg	»
<i>Ainus glutinosa</i>	200 100	»	»	»		
Verschiedene: <i>Acer monspess.</i> , <i>Ulmus camp. u. effusa</i> , <i>Fra-</i> <i>xinus Ornus</i> , <i>Fraz. excelsior</i> , <i>Qu. sessiliflora</i> , <i>Qu. pubes-</i> <i>cens</i> , <i>Qu. Ilex</i> , <i>Laurus nobilis</i> , <i>Ailanthus glandulosa</i> , <i>Ostrya</i> <i>carpinifolia</i> , <i>Celtis australis</i> , <i>Populus-</i> u. <i>Salix</i> -Stecklinge, <i>Prunus Mahaleb</i> , <i>Gleditschia</i> , <i>Tamarix gallica</i>	468 500	»	»	»	5331 kg	»
Summe der Laubhölzer	1 365 100	Stück	Pflanzen,	bzw.	5351 kg	Samen
	(1,33 %)					

Durch besondere Gesetze wurde die Durchführung der Arbeiten « Aufforstungskommissionen » übertragen. Diesen gehörten außer einem vom Ackerbauminister ernannten Vorsitzenden und sonstigen Behördenvertretern auch *gewählte Vertrauensmänner der betreffenden Gemeinden* an, letzteres ist wichtig wegen der einvernehmlichen Zusammenarbeit mit der Bevölkerung. Die Kommissionen hatten unter Rücksichtnahme auf die Bedürfnisse der Landwirtschaft die aufzuforstenden Grundstücke zu ermitteln und festzustellen; sobald die diesbezüglichen Erkenntnisse der Kommissionen in Rechtskraft erwachsen waren, wurden die Grundstücke im « Aufforstungskataster » verzeichnet, der die Rechtsgrundlage der Aufforstungstätigkeit zu bilden hatte. Die Grundstücke sollten « zur Hintanhaltung einer Verschärfung, beziehungsweise zur Herbeiführung einer Milderung der elementaren und gemeinschädlichen Übelstände der Karstregion » aufgeforstet werden; Grundstücke, die zu einer landwirtschaftlichen Kultur geeignet waren, wurden in der Regel in die Aufforstung nicht einbezogen (außer in jenen Fällen, wo die Nichtaufforstung eine erhebliche Beeinträchtigung des Hauptzweckes der Karstaufforstung bedeutet hätte).

Grundsätzlich wurde der *Pflanzung der Vorzug* gegeben. Immerhin kamen *auch Saaten* zur Ausführung: hauptsächlich im Umwandlungsbetrieb zum Anbau unter dem gelockerten Schirm der Schwarzkiefer.

Die geringere Anwendung der Saat ist darauf zurückzuführen, daß Saaten erfahrungsgemäß infolge der ungünstigen Standortverhältnisse, Dürre im Sommer, Bora im Winter, größtenteils mißglückten, wenn auch nicht ohne Ausnahme; so wiesen zum Beispiel im Gebiete von Triest 1895 bis 1897 ausgeführte Saaten von *Quercus Ilex* auf geschützten und teilweise bestockten Flächen in den nächsten Jahren guten Erfolg auf. Auch Tannensaaten unter Schirm gelangen gut. Bei der Pinie und der Aleppokiefer, die bereits im ersten Lebensjahr tiefreichende Wurzeln ausbilden und die gegen Wurzelverletzungen empfindlich sind, wird gleichfalls auch Saat stellenweise angewandt. Von den Laubhölzern läßt sich mittels Saat auf den Karstflächen noch am ehesten aufbringen: Eiche, Edelkastanie, Walnuß (allenfalls Mahaleb-Kirsche und Zürgelbaum).

Die Saat muß aber, um ein Mißlingen zu verhüten, mit besonderer Sorgfalt erfolgen, es kommen also den Standortverhältnissen des Karstes *besonders angepasste Verfahren der Plätzeaat und der Punkteaat* zur Ausführung.

Das Wesentlichste ist, daß sowohl bei der Plätzeaat wie bei der Punkteaat der Boden tief gelockert wird, mindestens auf 30 cm Tiefe, damit die jungen Eichen-(Edelkastanien-, Walnuß-)Pflanzen in kurzer Zeit im lockeren Boden eine lange Pfahlwurzel treiben können, denn durch Ausbildung einer tiefreichenden Wurzel sichern sie ihren Bestand für den Fall oberflächlicher Bodenaustrocknung während des heißen, trockenen Sommers. Es werden also für die Plätzeaat eigentlich « Saatlöcher » hergestellt, « als ob man eine Pflanzung ausführen wollte » (F. H o l l), 30 bis 40 cm tief und ungefähr ebenso breit. Gespart wird dann betreffs Entfernung der Saatlöcher voneinander: 1 bis 1,5 m. Auch für die Punkteaat werden die Saatlöcher tief (30 bis 40 cm) gelockert, und zwar mit einer Brechstange, ohne etwa den Rasen abzuschälen. In das schmale tiefe Loch kann die Pfahlwurzel rasch eindringen. Bei der Punkteaat kann mit Rücksicht auf die wohlfeile Herstellung der Löcher bis auf einen Pflanzenabstand von 0,8 m herabgegangen werden. Da auf dem Karst die Temperatur der bodennahen Luftschicht bei Einstrahlung knapp über dem erwärmten Boden sehr hoch werden kann, so ist zur Verhütung von Rindenbrand der Sämlinge ein Bedecken der Saatstellen mit Steinen, mit Ausnahme einer 8 bis 10 cm im Durchmesser messenden Fläche in der Mitte, empfehlenswert; besonders auf der Sonnenseite sind zur Beschattung des Keimlings höhere Steine zu legen. Die frei gebliebene Stelle kann noch mit kleingehacktem Wachholderreisig belegt werden. Wo Mäusegefahr zu fürchten ist, ist von der Saat abzusehen. J. P u c i c h (1907) berichtete, daß im Küstenland die Laubholz-Ansaaten von den Mäusen zum großen Teil vernichtet wurden und nach kümmerlichem Vegetieren mit geringen Ausnahmen zugrunde gingen.

Für die meisten Nadelhölzer und auch für die Mehrzahl der Laubhölzer wird die *Pflanzung vorgezogen*. Sie wird mit im Forstgarten erzogenen Pflanzen ausgeführt. Nadelholzpflanzen sollen, um den Unbilden des Karststandortes zu widerstehen, nicht etwa durch zu engen Stand im Saatbeet lang und dünn in die Höhe geschossen, sondern sollen kürzer und kräftiger, also « stufig » erwachsen sein und sollen kräftige, lange, anderseits nicht durch übermäßige Länge die Pflanzung erschwe-

rende Wurzeln besitzen. In der Regel werden *zweijährige Schwarzkiefern* benützt. *Pinus brutia* und *Pinus halepensis* werden einjährig oder zweijährig verwendet, zweijährig sind sie oft zu groß; ähnlich verhält sich die Pinie. Einjährige Pflanzen können auch bei der Robinie, Eiche, dem Götterbaum und Zürgelbaum (Ahorn, Mahaleb-Kirsche) angewandt werden.

Die *Zeit der Pflanzung* auf dem Karste ist das zeitliche Frühjahr, Laubholzpflanzungen können auch im Herbst mit Erfolg ausgeführt werden. Freilandkulturen mit Nadelhölzern wurden grundsätzlich im Frühjahr durchgeführt, weil Herbstkulturen zu viele Eingänge aufwiesen, da im Winter kein Wurzelwachstum stattfindet, der Kontakt der Wurzel mit dem Boden nicht hergestellt wird. Je tiefer eine Aufforstungsfläche liegt und je mehr sie der Besonnung ausgesetzt ist, desto frühzeitiger ist die Kultur auszuführen. Hochlagen und Nordhänge können auch noch später im Frühjahr mit Erfolg bepflanzt werden.

Die übliche Kulturmethode ist die *Lochpflanzung*, die Pflanzlöcher werden mit der Spitzhaue und einer Brechstange in einer Tiefe von 30 cm und einer Breite von 30 bis 40 cm hergestellt. Die Spitzhaue (Krampen) soll aus hartem Material und nicht zu schwer und auch die Brechstange nur von mittlerer Größe sein. Ist nicht genug Erde vorhanden, so wird sie von den nächsten Dolinen oder sonstigen erdreichen Stellen zugetragen. Vorheriges Vorbereiten der Kulturerde ermöglicht ein besseres Ausnützen der Frühjahrswochen zur Pflanzung. Für 1000 Pflanzlöcher wurden im Karst erfahrungsgemäß etwa 5 bis 10 m³ zusätzlicher Füllerde benötigt. Schon die Bodenverhältnisse im Karst bringen es mit sich, daß die Pflanzung in *unregelmäßigem Verband* durchgeführt wird, an Stellen, an denen genügend viel Erde vorhanden ist. Die Auswahl solcher Stellen wird nach dem Verlauf der Schichtfugen im Gestein beurteilt. Wenn auch die Karstflächen erdarm, öd und steinig aussehen, so ist die Sterilität doch oft nur äußerlich vorhanden, denn unter der rauhen Oberfläche ist in den Klüften und Spalten häufig recht viel Erde angesammelt, so daß die Pflanzen oft auch ohne Zutragen von Kulturerde zu den Pflanzlöchern gedeihen können. Die Herstellung der Pflanzlöcher ist unter den Verhältnissen des Karstes selbstverständlich Männerarbeit, dagegen wurde das Einsetzen der Pflanzen in die Löcher Frauen übertragen. Gewöhnlich beträgt der Reihenabstand ungefähr 1 bis 1,25 m, der Pflanzenabstand innerhalb der Reihe etwa 1 m. Für einen größeren Pflanzenabstand (bis zu 1,5 m) spricht außer der Rücksicht auf die recht hohen Kosten der Löcherherstellung auch noch das Bestreben, die Widerstandsfähigkeit der künftigen Dickungen gegen Schneedruck (dort, wo mit Schneefällen zu rechnen ist, vor allem im Hochkarst) und gegen Bora zu erhöhen; bei Anwendung des weiten Verbandes sind nach einigen Jahren die Kronen länger und die in der Jugend etwas abholzigen Stämmchen widerstandsfähiger. Wo aber die Gefahr des Schneedrucks geringer, hingegen baldiger Schluß zur Bodenverbesserung notwendig ist, dort wären die kleineren Abstände vorzuziehen. Cieslar, der die im Jahre 1859 begründete Kultur « Koller » genau untersuchte, sagt (Centralbl. f. d. ges. Forstw., 1922), man habe « die Pflanzenzahl von 6000 bis 7000 je ha als in jeglicher Beziehung wirtschaftlich richtig » auch später beibehalten. Nur hatte man im Jahre 1859 auf größere bearbeitete Plätze 3 bis 4 Schwarzföhrenpflanzen gesetzt, die Pflanzen bildeten also in ihrer Verteilung auf der Kulturfläche kleine Gruppen; später zog man mit Recht annähernd gleichmäßige Verteilung der Pflanzen auf der Fläche vor.

Beim Einsetzen werden die Wurzeln vollständig mit gelockerter Erde umgeben, die Erde wird zum Schluß mit dem Rücken kurz gestielter kleiner Hacken,

mit denen die Arbeiterinnen ausgestattet sind, festgedrückt, um ein allzu rasches Austrocknen zu verhindern. Um mehr Niederschlagswasser zurückzuhalten, wird auch die Pflanzstelle etwas vertieft (im Verhältnis zum umgebenden Boden) angelegt. Schließlich wird im Umkreis der Pflanze der Boden, um die Verdunstung aus ihm und die Verunkrautung hintanzuhalten, mit einigen Steinen belegt. Zum Schutz der Pflanze gegen direkte Besonnung werden auf der Sonnenseite ein oder zwei größere Steine auf die hohe Kante gestellt. «Je heißer die Lage und je schädlicher die Wirkung der Bora ist, desto besser sind die gesetzten Pflanzen mit Steinen zu schützen.» (Holl.) Auch mit den abgeklopften und mit der früheren Oberseite nach unten gelegten Rasenplaggen kann der Boden, statt mit Steinen, belegt werden. Auf sehr steilen Aufforstungsflächen wurden die Pflanzen gegen abrollenden Gehängeschutt dadurch geschützt, daß im Pflanzloch auf der Bergseite ein größerer Stein auf die hohe Kante gestellt wurde zum Zurückhalten der Steinschläge. Beim Begehen der Kulturfläche durch die Arbeiter hätten die Belegsteine leicht verschoben werden können, wodurch die Pflanzen bedeckt und vernichtet worden wären. Deshalb wurde veranlaßt, daß die Arbeiter grundsätzlich nicht über die bepflanzten Flächen, sondern nur über noch nicht aufgeforstete Teile ihren Weg nehmen.

Anfangs wurde statt der Lochpflanzung oder neben dieser die besonders sorgfältige *Grabenpflanzung* angewandt, die H. v. Guttenberg (1882 wie folgt beschrieb: «Die beste, aber auch teuerste Kulturmethode für Nadelhölzer ist die Grabenpflanzung, wobei die Gräben in der Entfernung von 2 m etwa 20 cm tief und 40 cm breit hergestellt und in dieselben die Pflanzen auf 30 cm Distanz gesetzt werden. Diese Methode, welche wegen des steinigen Terrains großen Arbeitsaufwand erfordert, wird von der Gemeinde Triest ausschließlich angewandt und hat sich sehr gut bewährt, wo sie nicht durch felsiges Terrain von selbst ausgeschlossen ist.» Im ganzen wurden im Gebiet der Stadtgemeinde Triest 18970 laufende Meter solcher «Gräben» hergestellt, dann wurde das Verfahren wegen der verhältnismäßig hohen Kosten aufgegeben, weil im dortigen Klima durch sorgfältige Lochpflanzung ungefähr dieselben günstigen Ergebnisse erzielt werden konnten (erst in noch südlicheren Breiten des mediterranen Gebietes ist wegen noch höherer Sommertemperaturen und noch wesentlich längerer Periode der Sommertrockenheit eine noch größere Sorgfalt des Kulturverfahrens erforderlich. Darüber wird im folgenden, 7. Abschn., noch berichtet werden.)

Sämtliche Anpflanzungen wurden mit Trockenmauern umfriedet, um, wie J. Pucich anführt, «die Karstbewohner in ihrem eigenen Interesse vor Weidrefrevel zu bewahren». Im Karstgebiet von Triest, Görz-Gradiska und Istrien waren bis 1906 insgesamt 110 860 laufende Meter solcher Trockenmauern hergestellt, außerdem 4975 m sonstiger (lebender oder toter) Umzäunungen.

Über den *Pflanzeneingang* im «österreichisch-illyrischen Küstenland, Stand 1906» berichtete J. Pucich, daß er sich, «abgesehen von den sehr ungünstigen Jahren, durchschnittlich auf zirka 30 bis 40 v.H.» bezifferte. Nach Rubbia ergab ein 25 Jahre umfassender Überblick über die Karstaufforstung in Krain, daß für Neu-Aufforstungen (auf einer Fläche von 2657 ha) 26 Millionen Waldpflanzen erforderlich waren, für Nachbesserungen im gleichen Zeitraum 18½ Millionen, «daraus ergibt sich, daß von den ursprünglich ausgesetzten Pflanzen durch wiederholte Nachbesserungen 71 % ersetzt werden mußten». (Dabei können die Eingänge in den einzelnen Jahren, «abgesehen von den sehr ungünstigen», sehr wohl auch dort bloß 30 bis 40 % betragen haben.) Auf steilen Südhängen sowie in Lagen, die der Bora direkt ausgesetzt sind, mußten die Nachbesserungen oft 4- bis 6mal wiederholt werden, bis das Ziel erreicht war.

4. Gefährdung der Karstkulturen

Am meisten gefährdet sind die Aufforstungen durch anhaltende *sommerliche Dürre*. Selbst ältere Aufforstungen können durch diese vernichtet werden. Pflanzeneingänge bis zu 25 Prozent durch Dürre können noch als normal angesehen werden, erst größere Eingänge weisen auf « anhaltende Dürre » hin (Schädigungen bis zu 80 Prozent !). Am meisten leiden durch diese die ein- bis dreijährigen Aufforstungen. Durch besondere Sorgfalt und frühzeitige Ausführung der Aufforstung kann der Schaden vermindert werden. Im *Hochkarst* können Dickungen und Stangenhölzer durch *Schnee- und Eisbruchschäden* arg getroffen werden, besonders bei naßfallendem, an den Kronen hängenbleibendem Schnee, mit Übergang zu Frostwetter in Begleitung der Bora. Eine Vorbeugung besteht in weiterem Verband, rechtzeitiger Läuterung und Durchforstung, also Erziehung widerstandsfähiger Bestände. Eine ständige Gefährdung der Karstkulturen im unteren und Mittelkarst bilden *Brände*. In der dünnen Sommerszeit vertrocknet der oft üppige Graswuchs der Aufforstungsflächen, dann kann Funkenflug aus den Lokomotiven oder unvorsichtiges Umgehen mit Feuer bald einen Brand zur Folge haben. Die Vorbeugung besteht in der Gestattung der Grasgewinnung mit der Sichel (unter Einhaltung gewisser Vorsichtsmaßnahmen), Entfernung von Unkraut, Trockenästen und sonstigen leicht brennbaren Stoffen von der Aufforstungsfläche, Verwendung bester Kohle zum Heizen der Lokomotiven; elektrischer Betrieb der Bahn würde Abhilfe schaffen. Durch die Bewilligung der Grasnutzung wird den Karstbewohnern eine sehr willkommene forstliche Nebennutzung gestattet. Schon bei der Aufforstung wurden « Feuerschneisen » (5 bis 8 m breite, unbepflanzt belassene Landstreifen, entweder in der Schichtenlinie oder in der Richtung des größten Gefälles verlaufend) ausgespart; sie dienen sowohl zur Isolierung von Bränden als auch als Angriffsstellen für die Löschaktion. Auch Schutzstreifen längs der Bahn, besonders an Stellen, deren Gefährdung bekannt ist, und ein erhöhter Feuerwachdienst während der Dürrezeit sind zur Vorbeugung zu empfehlen. Der Schutz der Aufforstungsflächen durch Trockenmauern wirkte sich auch als Vorbeugung gegen Waldbrände aus. An besonders gefährdeten Eisenbahnstrecken wurden Trockenmauern und Feuerschutzgräben zugleich verwendet; die letzteren erhielten eine Breite von mindestens 1 m, eine Tiefe von 30 cm, das gewonnene Erdreich wurde auf der Seite der zu schützenden Aufforstung aufgeworfen und mit den bei der Herstellung des Grabens gewonnenen Steinen belegt. Selbstverständlich müssen die Feuerschutzgräben immer pflanzenleer erhalten werden. In Krain wurde, laut Bericht R u b b i a s, durch die Waldbrände in den Karstaufforstungen innerhalb von 25 Jahren eine Fläche von 96 ha betroffen (die ganze dortige Aufforstungsfläche war allmählich auf 2657 ha angewachsen). Im

österreichisch-illyrischen Küstenland (wo die Karstaufforstungsfläche bis 1906 ein Ausmaß von 7229 ha erreicht hatte) hatte das Feuer bis Ende 1906 in 244 Fällen « drei- bis fünfundzwanzigjährige Kulturen auf einer Fläche von 288,7 ha total oder größtenteils vernichtet »; « die Brände wurden in 62 Fällen durch das Funkensprühen aus der Lokomotive, in 13 Fällen durch kleine, mit Petroleum oder Spiritus geheizte, von Knaben in den Vororten von Triest ausgelassene Papierballons, in 40 Fällen durch Unvorsichtigkeit und in 3 Fällen durch Böswilligkeit verursacht, in 126 Fällen blieb die Ursache unbekannt » (J. P u c i c h). Durch die *Bora* leiden besonders die jungen Pflanzen, vor allem bei heftigem Auftreten zur Zeit des Erwachens der Vegetation. Durch die heftige Windeinwirkung können auch an mehrjährigen Pflanzen Gipfel und Seitentriebe vertrocknen. An besonders exponierten Örtlichkeiten des Triester Gebietes, wo in einem Jahr die Gipfel- und einzelne Seitentriebe vieler Pflanzen vertrocknet waren, wurden die trockenen Teile sorgfältig abgeschnitten, und die Pflanzen erholten sich in wenigen Jahren derart, daß das Wachstum (nach J. P u c i c h) anderen gleichalterigen Anpflanzungen nicht nachstand.

An *schädlichen Insekten* wurden bekämpft: Die Engerlinge des Maikäfers (besonders in der Nähe von Eichenbeständen); der Kiefertriebwickler (*Retinia buoliana*), der durch ein Ausbrechen der befallenen Triebe und Verbrennen dieser samt Puppen und Raupen vertilgt wurde; die Kiefernbuschhornblattwespe (*Lophyrus pini*), ihr wurde durch Vernichtung der Afterraupen entgegengewirkt; der Pinienprozessionsspinner (*Cnethocampa pityocampa*), dessen Vernichtung sich mit dem Älterwerden der Kulturen immer schwieriger gestaltete, weil es nicht immer gelang, die Gespinnstnester in den älteren und höheren Beständen aufzufinden und zu erreichen, um sie gründlich zu verbrennen. R u b b i a berichtete, daß in den Bezirkshauptmannschaften Adelsberg und Sesana, wo der Schädling in Massen vorkam, energischste Vertilgungsmaßnahmen ergriffen wurden. Aus einem Hinweis von P a v a r i (Florenz, 1937) geht hervor, daß die Bekämpfung des Prozessionsspinners am Triester Karst jährlich beträchtliche Mittel (ungefähr 28 Lire je ha) erfordere.

5. Bestandesumwandlung durch Anbau anderer Holzarten unter dem gelockerten Schwarzföhrenbestand (oder unter dem Schirm von Aleppokiefer und *Pinus brutia*)

Die anspruchslosen Kiefern (Schwarzkiefern im untersten Karst; in Küstennähe: Aleppokiefer und *Pinus brutia*) sind nicht auf jedem Standort, wo sie angebaut wurden, für die Dauer die passendsten Holzarten; oft mußten sie nur auf einem herabgekommenen Boden zunächst als « Vorkultur » gewählt werden, um den Boden zu verbessern und um der sodann nachzuziehenden Holzart eine Zeitlang den erforderlichen Schutz

zu bieten. Solche Bestände, in denen die Schwarzkiefer (Aleppokiefer, brutische Kiefer) in diesem Sinne nur vorübergehend als « Vorkultur » verwendet wird, werden bei der Karstaufforstung als « *Umwandlungsbestände* » bezeichnet. Daneben gibt es andere Bestände, in denen die Kiefer dauernd als reiner Bestand oder wenigstens als Grundbestand erhalten bleiben soll, hauptsächlich auf trockenen, erdarmen, verödeten Böden tonarmen Kalkgrundgesteins (Karstkalke besonders der Kreideformation, mit wenig « Lösungsrest » bei der Verwitterung). Auf solchen Standorten ist eine Umwandlung bis auf weiteres nicht geplant (Schutz- und Bannwälder an steilen Lehnen, auf verödeten Kalkfelsböden, in ausgesprochen rauhen Boralagen). Solche « *Dauerbestände* » sollen auch dem Schutz von öffentlichen Kommunikationen, Eisenbahnen und Straßen, dienen; diese Rolle können aber auch Umwandlungsbestände erfüllen.

Im Alter von acht bis zehn Jahren pflegt der Schwarzkiefernbestand auf dem Karst in Schluß zu treten. Von diesem Zeitpunkt an wird der Boden durch den Streuabfall, Beschattung und Humusbildung verbessert und der Zuwachs wird ein größerer. J. P u c i c h beobachtete, daß von da ab die Benadelung größer und dichter wird und die Höhentriebe (bei einer Stärke von 3 bis 5 cm) oft Längen von 40 bis 70 cm erreichen. Die Humusbildung kann unter zwanzigjährigen Beständen schon eine Mächtigkeit bis zu 20 cm aufweisen. Die Bewurzelung ist sehr kräftig, schief abwärts gehende Seitenwurzeln erreichen oft Tiefen von 2 bis 3 m. (Auf ungünstigen Standorten ist die Beastung lichter, die Nadeln sind kürzer und dünner, besonders bei horizontaler Lagerung der Schichten des Kalkgesteins pflegt der Boden erdarm, der Standort ungünstig zu sein.)

Durch die Umwandlung sollen die Schwarzföhrenbestände einer den naturgesetzlichen Grundlagen des Waldbaues entsprechenden Behandlung unterzogen werden. Es soll dem Umstande Rechnung getragen werden, daß im Hochkarst Buche, Tanne und Fichte heimisch waren, im Mittelkarst Eichen und andere Laubhölzer, im untersten, küstennahen Karst Holzarten des Castanetums und Lauretums. Die Umwandlung wird in der Regel mit einer Bestandesbegründung unter gelockertem Schirm der Schwarzkiefer etwa im Alter von 25 Jahren eingeleitet. Zur « Umwandlung » bestimmte Schwarzföhrenbestände werden vorher der Trockenästung, Läuterung und Durchforstung unterzogen. Dann wurde meist Buche und Tanne eingebracht, teils durch Unterpflanzung, teils durch Plätzesaat.

C i e s l a r berichtet, daß im Bestand « Koller » im Alter von 35 Jahren Weißtanne und Rotbuche unter Schirm kultiviert wurden. Der *Tannen-Voranbau* unter dem im Jahre 1859 begründeten Bestand begann im Jahre 1893, jener der Buche fand etwa 5 Jahre später statt. Der Voranbau erfolgte zuerst durch Plätzesaat, dann auch durch Pflanzung. 1914 untersuchte C i e s l a r auch die Pflanzen des

Voranbaues; die etwa 20jährigen Tannen hatten eine mittlere Höhe von 51 cm (die mittlere Bestandeshöhe des 56jährigen Schwarzföhrenbestandes betrug 13,8 m, seine Gesamtwuchsleistung an Derb- und Reisholz 443,5 fm im angegebenen Alter von 56 Jahren!). Wo das Kronendach der Schwarzföhren lockerer war, wuchsen die Tannen freudig und hatten Höhen über 1 m. Der Tannen-Voranbau deckte im Jahre 1914 nur etwa $\frac{1}{10}$ der Bodenfläche (da der Bestand in 370 m Meereshöhe liegt, handelt es sich keineswegs um den «Hochkarst», sondern nur um den Mittelkarst, ein höherer Tannenanteil wäre also meines Erachtens in dieser südlichen Breite bei der gegebenen geringen Meereshöhe gar nicht naturgemäß). Der Rotbuchen-Voranbau war im Frühjahr 1914 ungefähr 16 Jahre alt, vielfach auch jünger. Als mittlere Höhe des Buchenunterstandes ergaben Cieslars Messungen 178 cm. Die Rotbuchen waren von ausgezeichnetem Gedeihen, die Schaftbildung war eine tadellose. Der Boden war mit Buchenlaub bedeckt, das sich mit der Schwarzföhrenstreu mischte. Auch der in 370 m Meereshöhe standortsgemäße *Fraxinus-Ornus*-Mischwald fehlte nicht ganz, denn Cieslar erwähnt: «Recht zahlreich war der natürliche Anflug von *Fraxinus Ornus*, *Prunus Mahaleb*, *Juniperus communis*, von *Crataegus*, *Evonymus*, *Clematis*...» Außer einer nicht zu mächtigen Nadelschicht deckte dunkelbrauner, mit stark zersetzter Nadelstreu gemengter Humus den Boden, auch die oberste Schicht des steinigen mineralischen Bodens war humusreich. Unter der neu entstandenen geschlossenen Bodendecke war das Gestein größtenteils verschwunden (außer dort, wo bei der Herstellung der Pflanzlöcher mehr Steintrümmer seinerzeit ausgehoben worden waren).

R u b b i a berichtet, daß die Karstaufforstungskommission von Krain der Tanne ihre Aufmerksamkeit zugewendet und sie dort, wo der verbesserte Boden ihr standörtlich zusagt, zum Voranbau verwendet habe; die Fläche solcher Karstbestände betrage 1912 in Krain rund 480 ha. Außerdem seien auch Stiel- und Traubeneichen in älteren Schwarzföhrenbeständen im Wege des Voranbaues* eingebracht worden, aber nur auf Bestandeslücken und -rändern habe die Eiche freudige Entwicklung gezeigt. Unter ziemlich geschlossenen Schwarzföhrenbeständen müssen (sommergrüne) Eichen als Lichtholzarten selbstverständlich kümmern. Für den Voranbau unter durchforsteten oder gelichteten Beständen der *Pinus halepensis* und der *Pinus brutia* in der untersten Stufe des Karstes, im Mittelmeerkarst, empfiehlt P a v a r i (1937) mit Recht die Steineiche, *Quercus Ilex* (die Immergrüneichen sind schattenertragend). Außerdem nennt er die Pinie; bei ihrer Einbringung müßte auf das bedeutende Lichtbedürfnis Rücksicht genommen werden. Für den Mittelkarst führt er als eine Tannenart etwas wärmerer Standorte die griechische Tanne, *Abies cephalonica*, an, außerdem als Mischholzarten für die Schwarzkiefer: *Cedrus atlantica*, *Chamaecyparis Lawsoniana*, *Juniperus virginiana*, *Cupressus arizonica*. Bis zum Ersten Weltkrieg seien im Mittelkarst zur Umwandlung nur Weißtanne, Buche und Fichte verwendet worden; doch sei der heutige Zustand (1937) dieser Umwandlungsbestände im Mittelkarst kein günstiger. An ihre Stelle

* In unserem einschlägigen Schrifttum ist meist vom «Unterbau» die Rede. Da es sich aber um Umwandlungsbestände handelt, also nicht bloß um Einbringung von Bodenschutzholz, so ist, um Verwechslungen zu vermeiden, der richtige Fachausdruck: Voranbau.

solle daher die griechische Tanne treten, die auch den plötzlichen Wechsel nach Freistellung durch Aushieb der Schwarzkiefer gut vertrage. Im Wald von St. Peter am Karst vollzieht sich die Bestandesumwandlung von selbst durch Anflug der Esche, *Fraxinus excelsior*, die sich weithin verbreitet hat und schöne, gerade Stämme bildet.

6. Ergebnisse der Karstaufforstung; Wuchsleistungen der Karstaufforstungsbestände; Zustand der Kulturen in den letzten Jahren

In einer Abhandlung über die Schwarzkiefer in der italienischen Zeitschrift « L'Alpe », 1931, gab A. P a v a r i (Florenz) folgendes Urteil über küstenländische, *unter österreichischer Verwaltung geschaffene Aufforstungen* ab: «So sieht man heute bei St. Peter am Karst auf weiten Teilen des Hochplateaus und den umliegenden Abhängen herrliche Schwarzkiefernwälder, die das sehr geschätzte Holz für Konstruktionen und Rüstzeug des Bergbaues liefern. Unter dem Schirm dieser Kiefern zufällig verstreut gibt es Tannen und die gemeine Esche. So entstehen wieder reiche, schattige Wälder, wo noch vor kaum fünfzig Jahren trockener, nackter Felsboden war.» « Der harte Kampf um die Wiederaufforstung, dessen stärkste Waffe die Schwarzkiefer ist, brachte einen der schönsten Siege der Forsttechnik über ungünstige Natur- und Wuchsverhältnisse. »

Im ehemaligen österreichisch-illyrischen Küstenlande wurden nach P u c i c h bis zum Jahre 1906 Karstflächen von insgesamt 7229 ha Ausmaß aufgeforstet, in Krain nach R u b b i a bis 1911 2657 ha; die Summe dieser beiden Angaben würde 9886 ha ergeben, doch wurde auch in den folgenden Jahren bis zum Ersten Weltkrieg noch unter österreichischer Verwaltung die Karstaufforstung fortgesetzt; zum Beispiel in Krain 1912: Neuaufforstung 106.33 ha mit 874 000 Pflanzen, außerdem Nachbesserungen mit 1 327 330 Stück Pflanzen (laut Tätigkeitsbericht der Aufforstungskommission für das Karstgebiet des Herzogtums Krain für das Jahr 1912). Schätzungsweise kann also angenommen werden, daß bis zum Ersten Weltkrieg in den damals österreichischen Karstländern über 12 000 ha aufgeforstet waren; gleichzeitig gab es Aufforstungen in den zur ungarischen Reichshälfte gehörigen Karstgebieten und im Karst des gemeinsam verwalteten Okkupationsgebietes von Bosnien und der Herzegowina. Zugleich waren im österreichisch-illyrischen Küstenland an « Weide- und Waldgründen » schon bis 1907 durch Resurrektionshiebe und Schonung (Einhegung) 22 500 ha der Waldkultur wiedergewonnen worden (P u c i c h, 1907).

Von den unter der österreichischen Verwaltung bis 1914 durchgeführten, nach dem Ersten Weltkrieg italienisch gewordenen Karstaufforstungen blieben trotz der Kriegsschäden nach P a v a r i (1937) bis zum Zeitpunkt seines Berichtes über 9500 ha erhalten. Unter italie-

nischer Verwaltung konnte in diesem gewesenen Kriegsgebiet wegen der vordringlichen Wiederherstellungsarbeiten erst 1927 mit der Aufforstung neuer Karstflächen begonnen werden; dabei entstanden bis 1937 in Pola 2000 ha, bei Görz 2700 ha, bei Triest 600 ha, zusammen 5300 ha neue Schwarzkiefernkulturen. Im ganzen gab es also im ehemals österreichischen, später italienischen Karstgebiet 1937 rund 15 000 ha vorwiegend Schwarzkiefernkulturen, dazu die (jugoslawisch gewordenen) Aufforstungen in Krain.

In dem von Cieslar untersuchten 56jährigen Bestand « Koller » (Probe-
fläche von 0,36 ha) war die mittlere Stammstärke 21,2 cm, die mittlere Bestandes-
höhe 13,8 m, die Kreisflächensumme für 1 ha 42,23 m², die Schaftholzmasse 345,97
fm, die Masse des Astholzes 97,54 fm, die Gesamtmasse 443,51 fm. Zum Vergleich
führte Cieslar 8 Bestände ungefähr des gleichen Alters, teils vom Großen
Föhrenwald bei Wiener-Neustadt, teils von der Domäne Hernstein im nieder-
österreichischen Schwarzföhrengebiet, an, deren Masse wesentlich geringer war
(111,8 fm bis 244,4 fm je ha). In Niederösterreich liegt nur der nördlichste Teil des
natürlichen Verbreitungsgebietes der Schwarzkiefer, am Karstrand oberhalb Triest
ist die Holzart dem Optimum näher, das Klima sagt ihr dort weit besser zu. Die
mittlere Jahrestemperatur beträgt dort 11,1° C, die mittleren Jahressummen der
Niederschläge im Schwarzkiefergebiet Niederösterreichs bleiben im ganzen weit
zurück gegenüber den Niederschlagsmengen auf dem Karst um Triest, zum Bei-
spiel: Basovizza, 370 m ü. d. Meere, 1140 mm. Auch P a v a r i berichtete 1937, daß
die alten, 50 bis 60jährigen Schwarzkiefern-Aufforstungen sich als bereits ziemlich
ertragreich erweisen. Der Holzmassenvorrat im Mittelmeerkarst und im Mittelkarst
(60jähriger Bestand) werde mit etwa 300 fm je ha angegeben. Die ersten Durch-
forstungen fänden im 25. bis 30. Jahre des Bestandesalters statt, der durchschnitt-
liche Jahreszuwachs derselben betrage 5 fm, sei also mit Rücksicht auf Boden und
Klima ziemlich beträchtlich. Bessere Böden mit größeren Niederschlägen hätten
400 fm je ha bei 60jährigem Umtrieb ergeben. Das Durchforstungsmaterial finde in
der Regel guten Absatz, besonders als Grubenholz. Die Kiefernharzgewinnung sei
noch im Stadium der wissenschaftlichen Prüfung.

Da in den letzten Jahrzehnten vor dem Ersten Weltkrieg die ökolo-
gischen Grundlagen des Waldbaues noch nicht in dem Maße ausgebaut
waren wie gegenwärtig und da sich im Großbetrieb der Praxis mit den
vielen zu überwindenden Schwierigkeiten in der Regel ein einfaches
Schema leichter durchsetzt als die notwendige sorgfältige Anpassung an
die vielgestaltigen Klima-, Boden- und Vegetationsverhältnisse, so wurde
manchmal etwas zu einseitig in allen Höhenstufen des Karstes die
Schwarzkiefer und unter dem Schwarzkiefernbestand zum Voranbau
auch im Mittelkarst vorwiegend die Weißtanne (und Buche) verwendet.
Doch muß anerkannt werden, daß man im unteren oder Mittelmeerkarst,
zum Beispiel bei Triest und Pola, doch schon vor fünfzig Jahren mit
Recht die Aleppokiefer auf immerhin ansehnlichen Flächen verwendet
hat. Sonst ist gerade die unterste Stufe wegen des zu warmen Klimas
und der zu langen Vegetationszeit für die Schwarzkiefer am wenigsten
geeignet.

Zum *ungarischen Staate* gehörte bis zum Ende des Ersten Weltkrie-
ges der kroatische Seekarst, ein 140 km langer Küstenstreifen, « von

Novi angefangen bis zu dem zu Dalmatien gehörigen Dörfchen Sv. Magdalena », umfassend eine Fläche von 46 000 ha; die Aufforstung war dem Karst-Aufforstungsinspektorat in Zengg übertragen. Die Fläche der durchgeführten Aufforstungen sowie der durch Schonung und Resurrektionshieb wiedergewonnenen Waldungen betrug bis 1934 8627 ha⁸, die widerstandsfähigste Holzart war auch dort die Schwarzkiefer.

7. Aufforstungen auf Kalködland weiter im Süden des Mittelmeergebietes, im warmen, sommertrockenen Klima

Je weiter man im Mittelmeergebiet nach Süden geht, desto länger wird die Periode der sommerlichen Trockenheit, desto höher werden die Sommertemperaturen, desto ungünstiger für den Wald das Verhältnis zwischen der hohen Verdunstung und der geringen Feuchtigkeitszufuhr während der Vegetationszeit, desto kleiner der noch vorhandene Waldanteil, desto größer die Schwierigkeit der Wiederaufforstung verödeter, trockener Lehnen. Unter solchen Verhältnissen muß daher noch mehr Arbeit und Sorgfalt als im ehemaligen österreichischen Karst aufgewendet werden, um bei Aufforstungen den gewünschten Erfolg dennoch herbeizuführen.

Für Aufforstungen im Süden der Südostländer können einschlägige italienische Erfahrungen von Belang sein: Eine schwierige, kostspielige Aufforstung auf einem seit langem entblößten, durch Weidebetrieb herabgewirtschafteten und einigermäßen (bis auf spärliches Strauchwerk) verödeten, großenteils sonnseitigen Kalkhang sah ich in Umbrien auf dem 1290 m hohen *Monte Subasio bei Assisi*. An einer Stelle, beim «Eremo», fand sich noch, durch Mauern geschützt, ein Rest alten schattigen Steineichenwaldes (*Quercus Ilex*) mit eingesprengten Bäumen von *Juglans regia* und *Acer obtusatum*, auch kleine Reste von Fläumeichenwald waren vorhanden. Bei der Aufforstung wurde hinsichtlich der Wahl der Holzarten berücksichtigt, daß auf dem Hang drei Höhenstufen unterschieden werden können: Von unten bis zu 600 oder 700 m das Lauretum, von da bis 1000 m Höhe das Castanetum und schließlich über dieser Grenze bis zum Gipfel das Fagetum. Die Aufforstung auf den ausgedehnten kahlen Flächen außerhalb der Mauern geschah unter Anwendung von waagrechten Terrassen («gradoni»); in der Richtung der Schichtenlinien werden diese Terrassen an den Hängen angelegt, in Abständen von etwa 8 m. Sie fangen das Regenwasser auf und lassen es im bearbeiteten Boden versickern, statt daß es unter Abspülung der Feinerde des Hanges an diesem allzu rasch abfließt. Dieses Zurückhalten des Niederschlagswassers kommt der Aufforstung zugute. Auch die Zwischenräume zwischen den Terrassen werden (auf bearbeiteten Plätzen von 1 bis 1,5 m Länge) bepflanzt. Die Terrassen sind 0,6 bis 1 m breit (in anderen Fällen beträgt die Breite 1 bis 1,20 m) und sind etwas (bis 30 %) gegen den Berg geneigt, der Boden auf ihnen wird (wo möglich bis 40 cm Tiefe) bearbeitet, dies begünstigt nicht nur die Wasserspeicherung, sondern auch ein rascheres Eindringen der Wurzeln in tiefere Bodenschichten, so daß die Pflanzen auch längere Trockenperioden auszuhalten vermögen. 1916 wurde mit den Aufforstungsarbeiten begonnen, auch Verbauungen im Rutschterrain wurden ausgeführt. In der untersten Stufe, dem Lauretum, wurden auf dem Südhang als Holzarten für die Aufforstung Aleppokiefern, Pinien, *Cupressus sempervirens horizontalis*, Arizona-Zypressen, Steineichen, Hopfenbuchen, Judasbaum und

andere gewählt; in der dann nach oben folgenden Edelkastanien-Stufe: Schwarzkiefer mit bescheidenerem Anteil, dann die afrikanische und die Himalaja-Zeder, die griechische Tanne, Flaumhaareiche, Zerreiche, amerikanische Roteiche (*Qu. rubra*); in der Buchenstufe: Weißtanne, Lawson-Zypresse, Buchen, Eschen, Ahorne, auf sehr armen Böden Schwarzkiefer (in geringerem Maße). Zwischen den Zonen gab es Übergänge ohne scharfe Abgrenzung.

In einer Abhandlung über das beste Verfahren der Bodenbearbeitung für die Aufforstung der durch warmes und trockenes Klima gekennzeichneten Gebiete Italiens⁹ führt A. de Philippis aus: «Als Gegenden „warmtrockenen Klimas“ werden jene Gebiete des Lauretums, Typus mit sommerlicher Dürre, angesehen, in denen die Niederschläge des Frühlings (März bis Mai) unter 200 mm und jene des Sommers (Juni bis August) unter 100 mm liegen.» Folgende Verfahren hat der Verfasser einer Prüfung unterzogen: 1. Vollbearbeitung des Bodens auf 10 bis 15 cm Tiefe, 2. Beschränkung der Bearbeitung auf Löcher von 60×60×60 cm, 3. terrassenartige Abstufungen («gradoni») in der Breite von 1 bis 1,20 m, mit 30 % Neigung zum Berge; die «gradoncini» und die «piazze» sind Terrassen-Abschnitte in der Länge von 5 bis 7 und 1,50 bis 2 m. Auf fünf Versuchsorten (davon zwei in Sizilien und zwei in Mittelitalien) mit je drei Parallelversuchen verschiedener Bodenbearbeitung wurden Bodenproben entnommen und der Wassergehalt sowie die Wasserkapazität bestimmt, und zwar während der sommerlichen Dürreperioden, um festzustellen, welches Verfahren der Bodenbearbeitung ein maximales Zurückhalten des Wassers im Boden in der für die Pflanzen kritischen Zeit begünstigt; auch Zahl und Entwicklung der aus Saaten hervorgegangenen Keimlinge wurden dabei mit beobachtet. Es ergaben sich folgende Schlüsse: In der «wärmeren Unterzone des Lauretums mit andauernder intensiver Dürre» ist die Vollbearbeitung der Bodenfläche auf dicht gelagertem, verhärtetem Boden gelegentlich der Aussaat jedem anderen Verfahren ohne weiteres vorzuziehen, weil dann der Wassergehalt größer und dementsprechend der Prozentsatz der überlebenden Pflänzchen wesentlich größer und deren Entwicklung kräftiger ist. Unter so ungünstigen klimatischen Verhältnissen ist die Beschränkung der Bodenbearbeitung auf Löcher in allen Fällen abzulehnen. Die Anwendung der Terrassen ist für steile Hänge das geeignetere Verfahren.

Wo die klimatischen Verhältnisse *günstiger* sind, dort nimmt der Vorteil der Vollbearbeitung ab, und die Vorzüge der Terrassen (gradoni) kommen immer mehr zur Geltung. Bei der Wiederaufforstung der *Cornate von Gerfalco* (in der Nähe von Siena) wurde ein vollkommen kahler, trockener, südseitiger Hang mit Kalkgrundgestein, der früher einmal mit schönem Steineichenwald (*Quercus Ilex*) bedeckt gewesen sein soll, auf einem 1059 m hohen Berg unter Anwendung der Terrassen vorläufig mit *Pinus nigra* Arnold var. *austriaca* als Vorholz zur Bodenverbesserung bepflanzt, später soll die Umwandlung in Steineichenbestand erfolgen¹⁰.

Ein Beispiel einer *Aufforstung in Sizilien* bietet die im Zuge der Verbauung des Einzugsgebietes des Flusses Gela durchgeführte. Es handelt sich um Höhen zwischen 50 und 850 m ü. M., mit tertiären Tonen, stellenweise Sanden, auch Kalktuffbänken. Der ehemalige Wald war zugunsten des Ackerbaues zurückgedrängt worden, der gelockerte Boden war durch die Niederschlagswässer von den Bergen herabgeschwemmt. Das Klima auch des höheren und mittleren Teiles ist rein mediterran, mit milden Wintern, heißen Sommern, Sommertrockenheit,

die Gegend gehört zum Lauretum, niedere Macchie kommt vor. Unter Anwendung der Terrassen und tiefer Bodenbearbeitung (in tiefgründigem Lehmboden) erfolgte die Aufforstung mit Zypressen und Eukalyptusarten, Steineichen, Pinien, an anderen Stellen wurden auch Eschen und Ahorne ausgesetzt. Auf ganz steilen Hangteilen, wo die Bodenbearbeitung nicht möglich war, wurden die Pflanzen, Robinien und Ailanthus, nach Vorstoßen der Löcher mittels Eisenstangen, recht dicht gesetzt, kamen gut an und verhinderten Abrutschungen¹¹.

Anmerkungen

¹ Pucich J., Die Frage der Bewaldung des Triester Karstgebietes, Triest, 1898; derselbe, Die Karstbewaldung im österreichisch-illyrischen Küstenlande nach dem Stand mit Ende des Jahres 1906, Wien, 1907; derselbe, Die Karstbewaldung im österr.-illyr. Küstenlande nach dem Stand zu Ende 1899, Triest, 1900; Rubbia K., Fünfundzwanzig Jahre Karstaufforstung in Krain, Laibach, 1912; Buberl M., Der gegenwärtige Stand der bosnisch-herzegowinischen Karstfrage, Österr. Vierteljahresschr. f. Forstw. **45**, 1895, 234—250; Cieslar A., Die Schwarzföhre am Triester Karst, Centralbl. f. d. ges. Forstw. **48**, 1922, 13—32; Holl F., Die Karstaufforstung, Sarajewo, 1901; Geschwind A., Die Technik der Wesselyschen Resurrektionshiebe in den Laubholz-Krüppelwaldresten des Karstes, Centralbl. f. d. ges. Forstw. **64**, 1920, 193—218; Goll W., Die Karstaufforstung in Krain, Laibach, 1898; Ackerbauministerium Wien, Die Karstaufforstung in Krain nach dem Stande Ende 1906, Wien, 1907; Guttenberg H. v., Die forstl. Verhältnisse des Karstes mit bes. Berücksichtigung des österr. Küstenlandes, Triest, 1882; Wessely J., Das Karstgebiet Militärkroatiens und seine Rettung, dann die Karstfrage überhaupt, Agram, 1876; Nyitrai O. v., Karstaufforstung, in: *Fekete und Blattny*, Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im ungar. Staate, Schemnitz, 1914, S. 819—821; Balen J., Die Technik der Karstaufforstung (serb.), Šumarski List **53**, 164, 222, 1929; Pavari A., Die Karstaufforstung (ital.), L'Alpe, Nrn. 5, 6, 1937; Podhorsky J., Die italienische Karstaufforstung, Wiener Allg. Forst- u. Jagd-Ztg. **55**, 1937, 207—208 (referiert über die Arbeit Pavaris und zwei weitere ital. Arbeiten von A. Scala); Balen J., Unser kahler Karst (serbisch), Zagreb, 1931; Ugrenović A., Le Karst yougoslave, 1928 (war mir leider nicht zugänglich).

² Maull, Länderkunde von Südeuropa, Leipzig und Wien, 1929, S. 327.

³ Leiningen W. Graf zu, Die Roterde (Terra rossa) als Lösungsrest mariner Kalkgesteine, Z. «Chemie der Erde», 4. Bd., 1929, 178—187.

⁴ Bioltscheff A., Studien über die Wiederaufforstung des verödeten Karstes in Bulgarien (bulgar.), Jb. der Universität Sofia, Land- u. forstw. Fakultät, **17**, 1938/39, Sofia, 1939.

⁵ Haralamb, Befestigung und Inwertsetzung verödeteter Böden (rumän.), Bukarest, «Bucovina», 1938 (32 S. u. 12 Abb.).

⁶ Stiny J., Technische Geologie, Stuttgart, 1922, S. 349.

⁷ Petraschek K., Skizze der natürlichen und forstwirtschaftlichen Verhältnisse Bosniens und der Herzegowina, Österr. Vierteljahresschr. f. Forstw. **45**, 1895, S. 212—226.

⁸ Nyitrai O. v., Karstaufforstung, in: *Fekete und Blattny*, Die Verbreitung der forstlich wichtigen Bäume und Sträucher im ungarischen Staate, Selmechanya, 1914, S. 820; Marinović Milan, Aufgaben der Forstwirtschaftspolitik in Kroatien, Intersylva **2**, 1942, 473—491 (empfiehlt für die Lösung des

Karstproblems eine breitere Grundlage, Verbesserung der sozialwirtschaftlichen Verhältnisse der verarmten Bevölkerung mit ihrer extensiven Viehzucht).

⁹ A. de Philippis, Technik der Bodenbearbeitung für die Wiederaufforstung im warmtrockenen Klima (italienisch), Mitt. der Stazione sperimentale di selvicoltura in Florenz, Nr. 6, 1939.

¹⁰ Pepe G., Wiederaufforstung der Cornate von Gerfalco (italienisch), Rivista forestale italiana, 1940, S. 594—597.

¹¹ Giacomino St., Die vollständige Verbauung des Beckens des Flusses Gela (italienisch), Rivista forestale italiana, 1941, S. 22—31.

Résumé

Le reboisement du Karst

Dans de vastes régions des Balkans, l'orographie est caractérisée par l'affleurement de dalles de calcaire brisées, érodées et laisnées, interrompues par des dolines, des poljés et des entonnoirs qui entraînent vers les couches inférieures toutes les eaux superficielles. L'intense drainage qui en résulte, les obstacles qui s'opposent à la constitution d'un sol arable — facteurs qui viennent s'ajouter au climat estival sec et chaud —, confèrent à ces terrains une aridité extrême.

Si la conformation géologique et les phénomènes karstiques ont joué un rôle essentiel dans le modelage de ces contrées et s'ils sont l'une des causes principales de leur nudité, il n'en reste pas moins que le parcours du petit bétail, de la chèvre et du mouton, a contribué dans une grande mesure à leur déboisement; en effet, il s'est avéré que le sous-sol et le climat seuls n'empêchent aucunement sur les terrains karstiques la présence et la venue d'une végétation forestière, à condition que l'intervention de l'homme et du bétail ne vienne pas aggraver l'influence des facteurs défavorables.

Aussi la première mesure à envisager pour reboiser et rendre à ces régions fertilité et prospérité consiste-t-elle à *fermer au parcours* des surfaces appropriées; le choix de celles-ci doit tenir compte des nécessités de la population et il convient de ne pas y inclure les surfaces strictement indispensables à l'entretien du bétail et situées à proximité des agglomérations. Les habitants de ces contrées pauvres et stériles doivent considérer d'un œil favorable les mesures prises pour améliorer leur sort; ils doivent collaborer volontiers et activement aux travaux entrepris, en particulier à la construction des murs secs destinés à empêcher l'accès du bétail.

Sur de grandes superficies les feuillus sont déjà présents à l'état latent sous la forme de souches dont les rejets ont été constamment broutés; la renaissance de la forêt est alors assurée par des « *coupes de résurrection* », qui consistent à recéper les souches; en effet, il est apparu qu'une telle opération active la croissance des rejets et améliore leur forme. Des éclaircies interviennent plus tard dans les trochées pour en éliminer les tiges faibles et mal venues; elles sont effectuées en été afin d'éviter l'apparition d'autres rejets et afin de mettre à la disposition du bétail les feuilles, qui constituent un fourrage apprécié.

Le *reboisement* proprement dit de terrains karstiques a été entrepris déjà en 1842 par la commune de Trieste. L'Autriche et la Hongrie ont de même exécuté de vastes travaux d'afforestation sous la monarchie; ils furent continués par l'Italie et la Yougoslavie après la première guerre mondiale et les mutations de territoires.

Dans le *Karst moyen* (altitude 200 à 800 m.), qui appartient au Castanetum et à la zone de transition entre le Castanetum et le Fagetum, c'est le pin noir d'Autriche qui a donné les meilleurs résultats; il convient d'ailleurs de rappeler que ces stations ne sont pas éloignées de son aire naturelle de distribution; le pin noir résiste fort bien aux changements extrêmes de la température, à la sécheresse et aux vents; sa frondaison bien fournie livre une fane abondante et prépare la venue d'essences plus exigeantes. *Abies cephalonica* y a également été employé avec succès.

Dans le *Karst inférieur* ou *méditerranéen*, *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* ont fait leurs preuves et l'on en possède près de Trieste et de Pola des peuplements âgés déjà de 50 ans.

Dans le *Karst supérieur*, situé au-dessus de 800 m., le pin noir est encore en station jusqu'à 1100 m. environ. Là où les conditions pédologiques le permettent, on peut lui associer le sapin, l'épicéa et le hêtre. Dans l'Herzégovine et certaines parties de la Bosnie, il est possible d'utiliser *Pinus leucodermis*, qui s'y trouve d'ailleurs en peuplements naturels.

Les feuillus ne sont pas exclus de ces reboisements et l'on a enregistré de bons résultats lorsque ces essences furent introduites dans des stations correspondant à leurs propriétés écologiques.

C'est toutefois le pin noir d'Autriche qui a eu en général la priorité; ainsi, dans les reboisements exécutés sur l'ancien littoral illyrique, sur un total de 100 711 100 plants résineux on avait utilisé jusqu'en 1906 90 851 000 pins noirs, tandis que seuls 1 365 000 feuillus, soit 1,33 ‰, furent mis à demeure.

Dans la règle, on a employé des pins noirs âgés de deux ans; *Pinus halepensis* et *Pinus brutia* ont été plantés comme brins d'un an ou de deux ans. Sur le Karst, ce travail est effectué au printemps; des pierres sont dressées devant les plants pour les protéger contre les vents et une insolation trop intense.

Dans les stations où il est possible de cultiver des essences d'un plus grand rendement économique, les peuplements de pins noirs sont considérés comme transitoires et transformés peu à peu selon un processus déterminé. Dans la règle, cette opération commence au moment où les pins noirs ont atteint l'âge de 25 ans; le peuplement est soumis tout d'abord à un élagage des branches sèches, puis à une éclaircie; sous son couvert devenu plus léger, on introduit en général du hêtre et du sapin; le chêne est, à côté d'autres essences feuillues, utilisé dans le Karst méditerranéen; certaines essences s'installent volontiers par la voie naturelle à l'abri du peuplement transitoire.

Bien que les reboisements exécutés sur ces terrains arides soient exposés à de graves dangers et à de nombreux ennemis, leurs résultats sont satisfaisants; nombre d'entre eux livrent déjà des produits utilisables dans la cons-

truction et dans les mines; dans les peuplements créés par Koller en 1859 et étudiés par Cieslar en 1915, le diamètre moyen des tiges atteignait 21,2 cm. et le volume de bois fort 346 m³ par ha. (volume total 443,5 m³). En 1937, P a v a r i (Florence) mentionnait le rendement substantiel des peuplements de pin noir âgés de 50 à 60 ans (accroissement moyen 5 m³/an).

Plusieurs milliers d'hectares ont été reboisés dès le milieu du siècle dernier; ainsi un grand effort a été réalisé pour rendre fertiles et productives de vastes surfaces de terrains karstiques dévastés autrefois par l'homme et le bétail.

Ed. R.

MITTEILUNGEN · COMMUNICATIONS

Zur Bekämpfung der Fichtenborkenkäfer

Erfahrungen und Anregungen

Aus dem Entomologischen Institut der ETH

Von W. Kuhn, Forstingenieur

Mit Befriedigung können wir feststellen, daß dort, wo die Bekämpfung gemäß unseren Richtlinien (« Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen », Heft 1/2 und Heft 9/10, Jahrgang 1948) 1948 intensiv erfolgte, sehr schöne Erfolge erzielt wurden. Beispiele wie Benken, Farzin, Fürstentum Liechtenstein, Palagnedra, Steinmaur, Vallée du Trient, Staatswald Zürichberg usw. beweisen dies deutlich.

Leider wurde die Bekämpfung von verschiedenen Waldbesitzern zu spät oder nicht mit der nötigen Sorgfalt durchgeführt. Die bisherigen Erfahrungen in vielen schweizerischen Herden veranlassen uns deshalb, hier nochmals zu einigen Punkten kritisch Stellung zu nehmen.

1. Jede Borkenkäferbekämpfung ist *zielbewußt*, *energisch* und *sorgfältig* durchzuführen.
2. Alle Bestände sind zu durchgehen und kränkelnde oder dürre Bäume zu schlagen, unabhängig davon, ob es sich um Käfer- oder Hallimaschbäume handelt. Die Hallimaschfichten sind oft vom kleinen Fichtenbastkäfer *Polygraphus polygraphus* befallen.
3. Es hat sich erwiesen, daß vielerorts das untere Forstpersonal und die Holzer der Auffassung sind, die Rinde von älteren Dürrständern enthalte keine Käfer mehr. Oft erscheint die Bastfläche abgelöster Rindestücke käferfrei, während in tieferen Schichten doch noch Käfer vorhanden sind. So konnten wir kürzlich bis zu 22 *typographus* pro 1 dm² zwischen Borke und Bast auszählen. Dies gilt in vermehrtem Maße auch für kleinere Borkenkäferarten wie *polygraphus* und *chalcographus*, die regelmäßig als Larven und Puppen in der Rinde überwintern. Um alle