

Domestikation der echten Edelraute

(*Artemisia umbelliformis* Lam.)

Ch. REY¹, Eidgenössische landwirtschaftliche Forschungsanstalt Changins,
Pflanzenproduktion, Centre des Fougères, CH-1964 Conthey
I. SLACANIN, Laboratoire central, CH-2502 Bienne

Zusammenfassung

Für die Domestikation der echten Edelraute (*Artemisia umbelliformis*) wurden, in enger Zusammenarbeit mit der Firma Ricola, während acht Jahren Sorten- und Kultur-Versuche im Wallis (Schweiz) zwischen 1100 und 1600 m durchgeführt. Mehrere Sorten wurden selektioniert. Diese sind resistent gegen die Rostkrankheit des Wermuts (*Puccinia absinthii*), der Anteil an ätherischen Ölen und Bitterstoffen ist hoch, Thuyon ist nur in kleinen Mengen oder gar nicht vorhanden. Sie werden in vier Chemotypen eingeteilt (Thuyon, Cineol-1,8/Borneol, Borneol, β -Pinen). Innerhalb dieser Sorten werden auch drei Phenotypen beschrieben, welche sich durch den Wuchs, die Blattfarbe und die Hauptblütezeit unterscheiden. Mit den besten Sorten wurde in Bruson innerhalb von 3 Jahren ein Ertrag von 220 g getrocknete Pflanzen pro m² erhalten (1994-1996). Heute werden die von uns gelieferten Pflanzen nach biologischen Richtlinien, von Walliser Kräuterbauern, angebaut. Der Ertrag für drei Jahre befindet sich ungefähr bei 150 g getrocknete Pflanzen pro m². An Hand von neuen Selektionen wird die Produktivität in Zukunft noch erhöht.



△ Abb. 1. Die meisten Arten der Edelraute wachsen auf Fels und Felsschutt wie hier im Valsorey (2400 m).

▽ Abb. 2. Detail eines Blütenköpfchens der echten Edelraute (*Artemisia umbelliformis*).

sollte nach den Richtlinien der biologischen Landwirtschaft werden, und zwar im Berggebiet zwischen 1000 und 1600 m Höhe. Die ätherischen Öle sollten keinen oder nur einen geringen Anteil Thuyon enthalten. Die Produktionskosten sollen ermittelt werden, um den Preis für die Droge festzulegen. Ricola und die Forschungsanstalt sind durch eine Konvention liiert, in der Ricola das Projekt mitfinanziert.

Der potentielle Markt für die echte Edelraute

In gewissen Regionen, wie in den Savoyen oder im Aostatal, werden jährlich mehrere hundert Kilogramm trockene Pflanzen zur Zubereitung von Likör gebraucht. Die echte Edelraute wird trotz des Verbots an natürlichen Standorten gepflückt. Es ist jedoch schwierig zu sagen in welchen Mengen die Edelraute gesammelt und in welchen Mengen sie angebaut wird. Der Anteil an «fremden» Arten, die der Edelraute ähnlich sind, darf nicht unterschätzt werden. Die grosse Nachfrage an Edelraute ist eine zu nützende Chance für die Bergbauern, solche Kulturen zu installieren; dies zum Schutz der natürlichen Standorte und der biologischen Diversität.

Die botanische Beschreibung der Arten, ihre Verbreitung und Ökologie

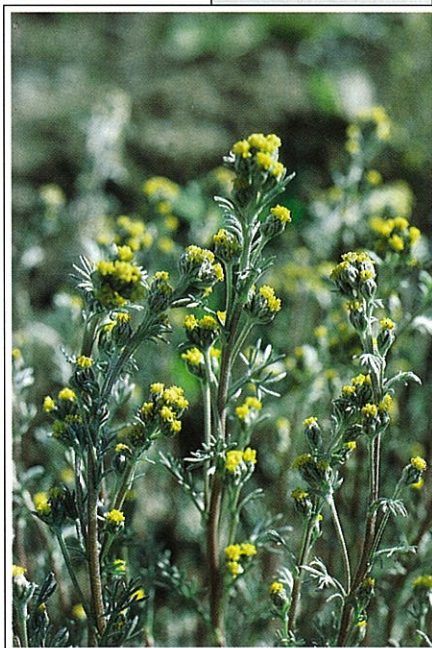
Die Edelraute oder der Bergwermut ist ein Sammelbegriff für fünf ausdauernde, aromatische Arten der Korbblütler. Diese Arten sind nicht häufig oder selten und wachsen in der alpinen Stufe auf Fels und Felsschutt. (HESS *et al.*, 1972, TUTIN *et al.*, 1976; PIGNATTI, 1982; AESCHIMANN und BURDET 1994; FOURNIER, 1990; ANCHISI, 1995). Die Arten sind in der Abbildung 3 aufgeführt:

Einleitung

Die echte Edelraute, Symbol der Alpen ähnlich wie das Edelweiss, ist im gesamten Alpenraum zwischen 2000 und 3200 m Höhe bekannt (Abb. 1). Sie wird zur Zubereitung von verdauungsförderndem Likör und Kräutertee gesammelt.

Auf Grund eines Sorten-Vorversuches begann 1989 ein Forschungsprojekt zur Domestikation der Edelraute. Auf Initiative der Firma Ricola, welche ihr Sortiment und Indikation mit dieser Alpenpflanze vergrössern wollte.

Das Ziel des Projektes war, innerhalb eines vernünftigen Zeitraumes, genügend getrocknete Pflanzen zu produzieren. Kultiviert



¹In Zusammenarbeit mit C.-A. CARRON und B. NENDAZ.

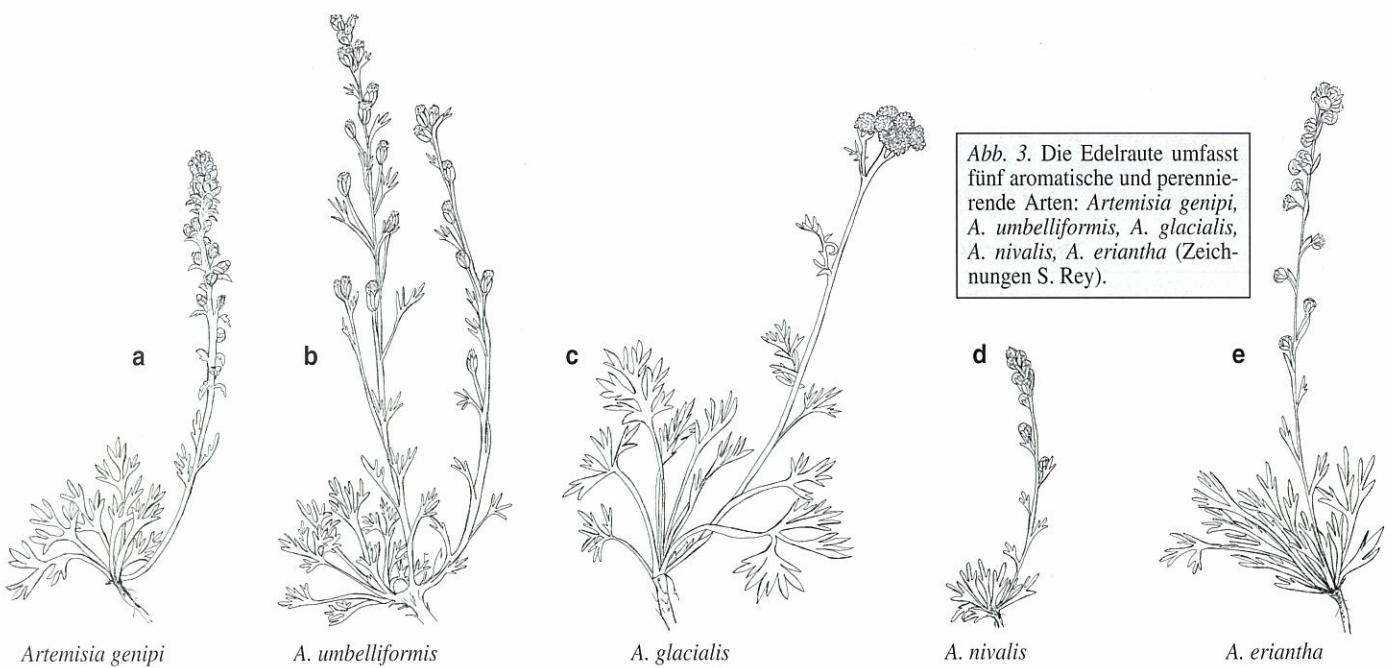


Abb. 3. Die Edelraute umfasst fünf aromatische und perennierende Arten: *Artemisia genipi*, *A. umbelliformis*, *A. glacialis*, *A. nivalis*, *A. eriantha* (Zeichnungen S. Rey).

- Die **schwarze Edelraute** *Artemisia genipi* Weber (= *A. spicata* Wulfen): auch genannt schwarzer Bergwermut, Genipp (Abb. 3a) ist die beliebteste aller Edelrauten. In den Alpen findet man sie in Frankreich, Italien, Österreich und in der Schweiz. Sie ist relativ selten, und wächst an frischen, eher schattigen Standorten meist auf kalkhaltigem Schiefer. Die Blütenköpfchen sind in einer endständigen Ähre angeordnet, jedes Köpfchen wird von einem dunkelbraunen Hochblatt getragen.
 - Die **echte Edelraute** *A. umbelliformis* Lam. (= *A. mutellina* Vill. = Fritsch): auch genannt echter Bergwermut (Abb. 2 und 3b) ist häufiger. Neben den oben genannten Ländern findet man sie auch in Deutschland. Sie wächst auf kalkarmen, gelegentlich auch auf kalkhaltigem Fels und Felsschutt, oft in sonniger Lage. Die Köpfchen sind gelb und 3-5 mm breit, in aufrechtem meist allseitwendigem Blütenstand.
 - Die **Gletscher-Edelraute** *A. glacialis* L.: auch genannt Gletscher-Bergwermut (Abb. 3c) ist in der Schweiz ziemlich selten. Sie gehört zu den wenigen endemischen Arten der Westalpen und wächst auf kalkarmem Gestein. Diese kleine Art bildet oft einen Pflanzenteppich, die Köpfchen sind gold-gelb und am Ende des Stengels kopfartig gehäuft.
 - Die **Schnee-Edelraute** *A. nivalis* Br.-Bl.: auch genannt Schnee-Bergwermut (Abb. 3d) ist sehr selten und gehört den südlichen Walliser Alpen an. Sie ist eine Miniatur der schwarzen Edelraute.
 - Die **Felsen-Edelraute** *A. eriantha* Ten. (= *A. petrosa* Baumgartner): auch genannt Felsen-Bergwermut (Abb. 3e) ist der schwarzen Edelraute ähnlich. Man findet sie in den Alpes Maritimes, im Apennin, im Gebirge der Balkanhalbinsel und in den Karpaten.
- Die Edelraute besitzt eine grunständige Blattrosette, ihre Blätter sind meist stark

geteilt und dicht graufilzig behaart. Sie wird zwischen 5 und 20 cm hoch und ihre Blütenköpfchen sind am Ende eines aufrechten Stengels angeordnet.

Eigenschaften und Verwendung

Die Bitterstoffe und die ätherischen Öle des Bergwermuts sind für die Likörindustrie die interessantesten Inhaltsstoffe. Heute kann man mindestens zehn verschiedene Liköre oder Aperitifgetränke kaufen. Von der Bergbevölkerung wird dieses Elixier (meist in alter Tradition) durch Mazeration in Alkohol selbst hergestellt. Zusätzlich werden Kräutertees zubereitet. Verwendet werden diese Getränke zur Förderung der Verdauung, als Tonicum sowie gegen Erkältungskrankheiten.

Die phytochemischen Aspekte: Inhaltsstoffe und Wirksubstanz

Die aromatischen Substanzen des Bergwermuts sind in den **ätherischen Ölen** enthalten. Die **Bitterstoffe** bestehen aus Sesquiterpenlactonen und Flavonverbindungen.

Die ätherischen Öle

Die ätherischen Öle befinden sich hauptsächlich in den Blättern und Blüten. Die Eigenschaften dieser Öle sind krampflösend, beruhigend und keimtötend (Spasmolyticum, Sedativum, Antisepticum). Mehr als 100 Substanzen sind im ätherischen Öl der echten Edelraute identifi-

Thuyon: eine unerwünschte Substanz

Die neurotoxischen Wirkungen von Thuyon wurden hauptsächlich bei Personen beobachtet, welche überdurchschnittlich viel von dem starken Alkohol (65-75°) Absinth-Likör zu sich nahmen. Thuyon ist im Wasser praktisch unlöslich, in Alkohol sowie in lipophilen Lösungsmitteln ist Thuyon jedoch gut löslich. Man kennt Thuyon in zwei Formen: α und β . Mehrere Arten enthalten in ihren ätherischen Ölen Thuyon wie der Salbei (*Salvia officinalis*), der Rainfarn (*Tanacetum vulgare*) oder der amerikanische Lebensbaum (*Thuja occidentalis*) usw. Meist sind beide Formen vorhanden jedoch in verschiedenen Verhältnissen. Das β -Thuyon ist toxischer als die α -Form. Der Rainfarn ist reich an β -Thuyon und somit ist sein ätherisches Öl sehr toxisch. Hier ist zu bemerken, dass die Toxizität von Thuyon in Pharmazeutika oder Lebensmitteln hauptsächlich durch die Quantität zur Wirkung kommt. Der Konsum von kleinen Mengen hat bis heute zu keinen grösseren Unfällen geführt.

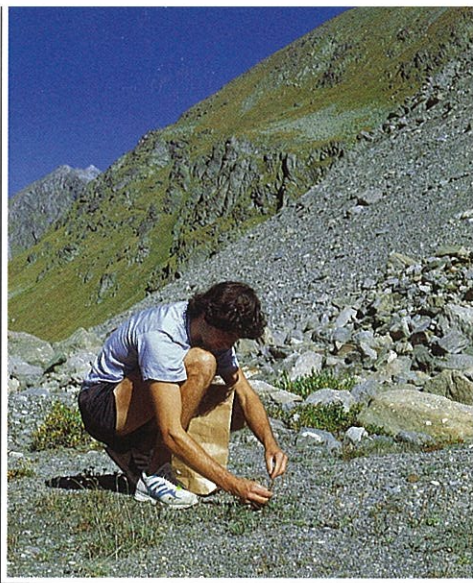
An Hand dieser Arbeit soll, durch qualitative und quantitative Analysen, ein Bergwermut gefunden werden, welcher keinen oder nur einen geringen Anteil Thuyon enthält.

ziert worden (BICCHI *et al.*, 1982, 1984). Gewisse Substanzen wie Thuyon haben neurotoxische Wirkungen.

Die Edelraute in der Literatur

In den Alpen wurden seit 1949 mehrere Domestikationsversuche mit der schwarzen und echten Edelraute durchgeführt. In der Schweiz von HOFFMANN (1949) und von FLÜCK (1959); in Italien von BOSCHERO (1977), STEFANELLI *et al.* (1980), ABRAHAM *et al.* (1981), BEZZI (1982) und von FERRARI *et al.* (1984); in Frankreich von GILLY (1984 a und b) und von FRANÇOIS (1985). Verschiedene agronomische Kriterien wurden untersucht, und alle Autoren waren sich einig, dass die Domestikation dieser alpinen Pflanzen in niedrigeren Höhenlagen sehr schwierig sein wird. Die Pflanzen werden durch die erhöhten Temperaturen geschwächt. Der Bergwermut ist sehr anfällig für Pilzkrankheiten (*Pythium*, *Sclerotinia*, *Fusarium* und *Phomopsis*) und die Mortalität ist, hauptsächlich im ersten Kulturjahr, dementsprechend hoch (ECCHER und BUSSOLATI, 1984). Das Wachstum des Bergwermuts ist gering, die Konkurrenz der Unkräuter ist dementsprechend hoch. Sowohl in der Schweiz, als auch in Italien und Frankreich, kann man die getrockneten Blütenköpfchen des Bergwermuts für Fr./kg 120.- bis 200.- in der Drogerie kaufen.

Parallel zu den Kulturversuchen wurden die verschiedenen Aktivsubstanzen des Bergwermuts (*Artemisia genipi* und *A. umbelliformis*) untersucht. Die Bitterstoffe wurden von NANO (1966) und von APPENDINO *et al.* (1982) isoliert. Die flüchtigen Substanzen der ätherischen Öle des Bergwermuts wurden von BICCHI *et al.* (1982 und 1984) und von LEDDET *et al.* (1984) beschrieben. PINTO-SCOGNAMIGLIO (1967) zeigen die pharmacodynamische Aktivität des Thuyons auf. GAUTHERET *et al.* (1984) unterstreichen an Hand sechs verschiedener Klone die chemotypische Variabilität des echten Bergwermuts (*Artemisia umbelliformis*).



◁ Abb. 4. Einsammeln von Samen der echten Edelraute an ihrem natürlichen Standort.

Abb. 6. Sorten- und Anbau-Versuch der echten Edelraute in Bruson (1100 m). ▷



Die Bitterstoffe

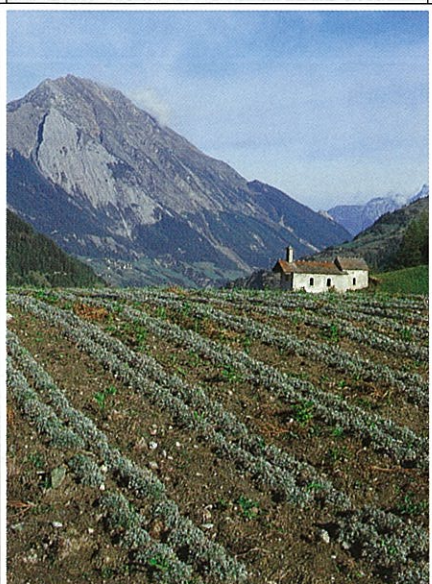
Die Sesquiterpenlactone sind bei Korbblütlern sehr häufig. Sie sind lipophil, haben einen bitteren Geschmack und ihre biologischen Aktivitäten sind sehr weitreichend. Die meisten Substanzen haben eine krampflösende Wirkung im Magen-Darm-Trakt oder werden gegen Appetitlosigkeit verwendet. Folgende Substanzen findet man mehrheitlich in den Bitterstoffen: Costunolid, Dehydroartemisinin, Santamarin, Reynosin, Artemisinin.

Material und Methoden

Der Sortenvergleich

Seit 1989 begann jedes Jahr ein neuer Sortenversuch, welcher jeweils zwei bis drei Jahre dauerte. Anfänglich wählten wir vier verschiedene Arten (*Artemisia genipi*, *A. glacialis*, *A. umbelliformis*, *A. eriantha*), doch sehr schnell blieb nur noch die echte Edelraute (*A. umbelliformis*) übrig. Diese Art zeichnet sich durch die besten Domestikationseigenschaften aus (REY, 1996). Die Samen dieser Art wurden in den Walliser Alpen (Schweiz) zwischen 2100 und 2850 m über Meer gesammelt (Abb. 4). Die Sortenversuche wurden in Liddes (1311 und 1565 m) (Abb. 5), auf dem Versuchsgut in Bruson (1100 m) (Abb. 6) und in Saleinaz (1220 m) angelegt.

▽ Abb. 5. Sorten- und Anbau-Versuch der echten Edelraute in Liddes (1311 m).



Die technischen Angaben zur Kultur

Zur Ausarbeitung von agronomischen Richtlinien wurden mehrere Versuche an den oben genannten Orten realisiert. Punkte wie Kulturstandort, Bodenfruchtbarkeit, Düngung, Pflanzdichte, Kontrolle der Unkräuter, Ernte und Trocknung wurden untersucht. Alle Versuche wurden nach den Richtlinien der biologischen Landwirtschaft durchgeführt. Das jährlich gewünschte Erntegut für Ricola wurde hauptsächlich in Liddes (1311 m und 1565 m), aber auch in Saleinaz (1220 m) angebaut.

Der analytische Teil

Mehrere hundert Proben wurden während den Versuchsjahren im Labor EIV in Sion (LUISIER, 1993) analysiert und seit drei Jahren vom Laboratoire central in Biel. Für die vorbereitenden qualitativen Untersuchungen wurde die Dünnschichtchromatographie gewählt. Der Gehalt an ätherischen Ölen wurde durch Wasserdampfdestillation bestimmt, die genaue Zusammensetzung durch Gaschromatographie mit Massenspektrometrie.

Abb. 7. Samen der echten Edelraute (Photo ▷ D. Quattrocchi).

Die Selektionsmethoden	
1	Beobachtung der Blütenbiologie zur besseren Kenntnis der Vermehrung dieser Art
2	Wahl der besten Klone auf Grund von agronomischen und chemischen Kriterien
3	in Vitro-Vermehrung und Anbau der ausgewählten Klone
4	Ernte der Samen welche durch Selbstbefruchtung entstanden
5	Anbau und Evaluierung der Nachkommen der Klone



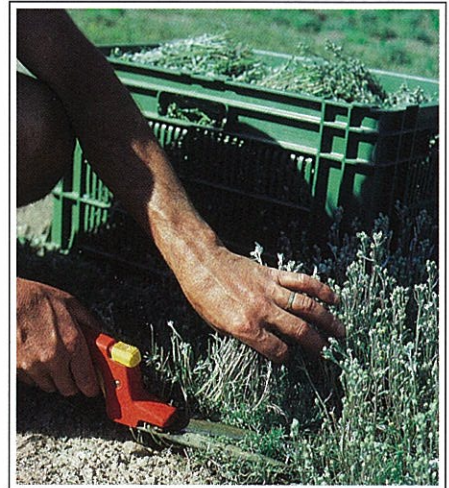
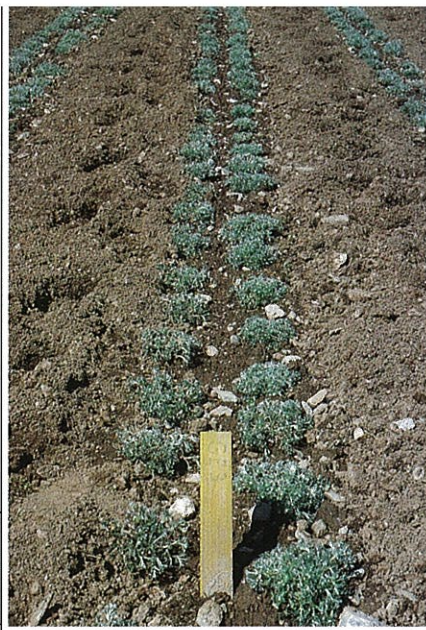
Versuchsanlage

Selektionierte Samen:	5-8 g Samen/Pfl., 1700 Samen/g (Abb. 7), 80% Keimfähigkeit.
Saat:	Anfang März im Gewächshaus (Tagestemperatur 20 °C, Nachttemperatur 15 °C) pneumatische Saat in 4 x 4 cm grosse, gepresste Erdballen (3-4 Samen pro Erdballen), nach drei Wochen Gewächshaus weitere Aufzucht in nicht geheiztem Plastiktunnel.
Anbau:	Ende Mai-Anfang Juni (Abb. 8).
Pflanzdichte:	in Doppelreihen 20 x 20 x 70 cm (11 Pfl./m ²) (Abb. 9) oder in Beeten zu 5 Reihen 20 x 25 cm, Zwischenreihe 70 cm (15 Pfl./m ²).
Düngung:	vor der Pflanzung Einpflügen von organischem Dünger: 1 m ³ /Are kompostierter Stallmist. Im 2. und 3. Anbaujahr: 20 kg/Are Optisol Standard (N3: P3: K1,5) und 3 kg/Are Patentkali (46% K).
Unterhalt:	3-4 Mal pro Jahr mechanisches Jäten zwischen den Reihen und manuelles Jäten auf den Linien, 3-5 Beregnungen pro Jahr, insbesondere im Jahr der Pflanzung.
Ernte:	Mitte bis Ende Juni (fortgeschrittene Blüte) von Hand mit Gartenschere (Abb. 10). Die Blütenstände werden kurz über der grundständigen Blattrosette abgeschnitten und sorgfältig in standardisierte Kisten von 30 x 40 x 60 cm gelegt.
Trocknung:	ventilierte Trocknung bei 30-35 °C in lockeren Schichten von 30-50 cm. Unter diesen Bedingungen dauert die Trocknung 2-3 Tage.
Versand und Lagerung:	Versand im grossen Karton oder in plastifiziertem Jutesack von 200 l. Lagerung in einem trockenen Lokal, geschützt von Frost, Licht, Insekten usw.



△ Abb. 8. Jungpflanzen der echten Edelraute.

Abb. 9. Anbau der echten Edelraute in Doppelreihen.



△ Abb. 10. Manuelle Ernte mit der Gartenschere der echten Edelraute.

ter (GC-MS). Die Sesquiterpenlactone wurden mit der HPLC-Methode (High Pressure Liquid Chromatography) in verschiedenen Chloroformlösungen bestimmt. Die sehr flüchtigen aromatischen Substanzen wurden nur mit der SFE-Methode extrahiert (Supercritical Fluid Extraction). Die SFE Extrakte wurden anschliessend durch Gaschromatographie mit Massenspektrometer analysiert (GC-MS).

Resultate und Diskussion

Die Sorten

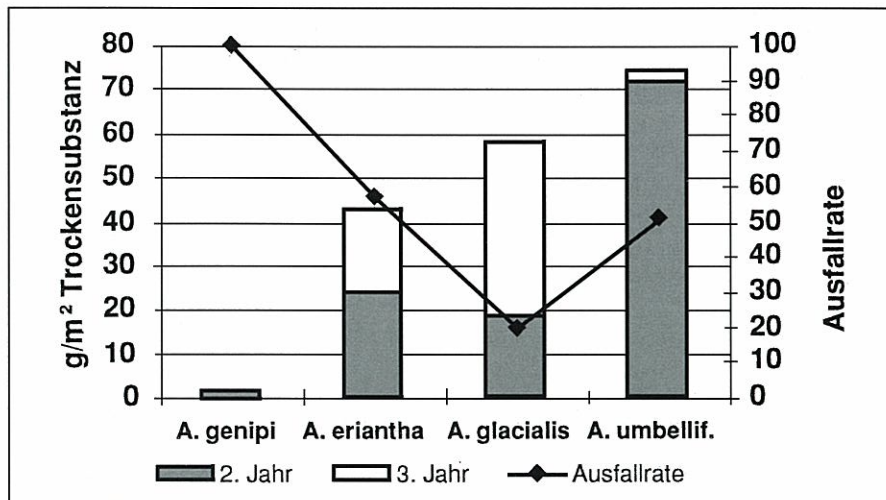
✓ **Wahl der Art und der Herkunft:** der agronomische und chemische Vergleich von Arten und Herkunftsorten zeigt deutlich, dass nur die echte Edelraute (*A. umbelliformis*) Chancen für eine Domestikation hat (Abb. 11). Die schwarze Edelraute (*A. genipi*) stirbt wegen Pilzkrankheiten im ersten Winter ab, das heisst bevor sie überhaupt einen Blütenstand gebildet hat. Die Gletscher-Edelraute (*A. glacialis*) ist wegen ihrer geringen Produktivität bezüglich Trockengewicht und Wirksubstanz uninteressant. Je nach Herkunft sind einzelne Pflanzen der echten Edelraute widerstandsfähiger gegen

Krankheiten, insbesondere gegen die Rostkrankheit des Wermuts (*Puccinia absinthii*) (Abb. 12 und 13). Der Ertrag dieser Sorten ist somit um einiges höher (Abb. 14). Der Rost ist zudem auch ein Vorläufer anderer Krankheiten wie *Rhizoctonia solani*, *Phoma* sp., *Botrytis cinerea* (BOLAY, 1991).

✓ **Die Blütenbiologie der echten Edelraute:** zur Beobachtung der Blütenbiologie und der Vermehrungsart wurde die echte Edelraute im Gewächshaus, geschützt durch ein Insektennetz, in Töpfen angebaut. So haben wir beobachtet, dass sich die Befruchtung in zwei Phasen abspielt (Abb. 15). In der Mitte des Blütenkörbchens befruchten sich die Zwitterblüten selbst. Der Griffel streckt sich durch die Staubbeutelröhre hindurch und die Griffelnarbe nimmt den Pollen mit. Die Befruchtung dieser Röhrenblüten findet somit vor der effektiven Blüte statt (kleistogam). Die äusseren Blüten des Körbchens sind weiblich, sie entfalten sich vor den Zwitterblüten. Die Fremdbefruchtung dieser weiblichen Blüten wird durch Windverbreitung des Pollen der Zwitterblüten verschiedener Blütenstände realisiert. Die Fremdbefruchtung favorisiert die Bildung von Hybriden zwischen den verschiedenen Pheno- und Chemotypen.

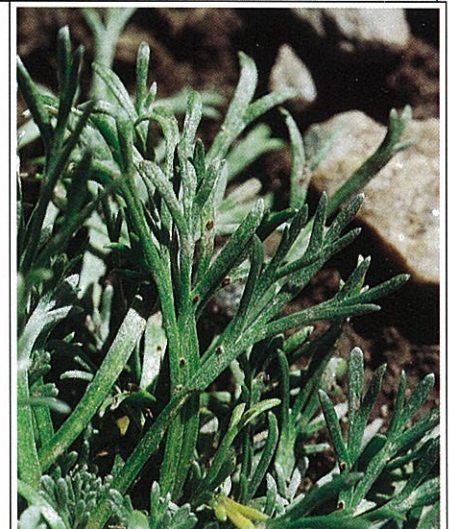
✓ **Die phenotypische Variabilität:** die verschiedenen Herkünfte der echten Edelraute unterscheiden sich durch morphologische Kriterien. Die Grösse der Pflanzen sowie deren Blattfarbe sind unterschiedlich. Die Form des Blütenstandes und deren Anzahl pro Pflanze ändern sich (Abb. 16). Vier Phenotypen wurden definiert und innerhalb der Populationen beschrieben (Abb. 17): a) der aufrechte lange Typus von grau-grüner Farbe; b) der aufrechte kurze Typus von grau-grüner; Farbe c) der intermediäre «schiefe» Typus von grau-blauer Farbe; d) der liegende Typus von grau-blauer Farbe. Die ersten drei Typen wurden beibehalten, da sie betreffend Ertrag interessanter waren.

✓ **Die chemotypische Variabilität:** die qualitativen und quantitativen Analysen der ätherischen Öle der echten Edelraute zeichnen sich durch eine grosse Variabilität aus (GAUTHERET *et al.*, 1984). Besonders im Vergleich von Individuen verschiedener Herkünfte wurden mehrere Chemotypen gefunden (Abb. 18). Die chemische Zusammensetzung unterscheidet sich betreffend % ätherische Öle, % flüchtige Substanzen, % aromatische Substanzen,



△ Abb. 11. Mortalität und Ertrag verschiedener Arten der Edelraute, Versuche in Liddes 1988-1990.

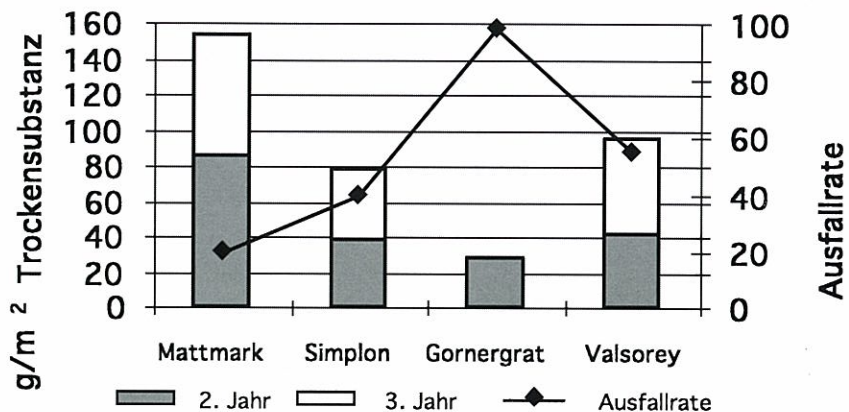
▽ Abb. 12. Entwicklung der Rostkrankheit (*Puccinia absinthii* (Hedw.) DC.) auf der Edelraute.





△ Abb. 13. Zwei verschiedene Herkunftsorte der Edelraute zeigen eine unterschiedliche Resistenz gegen Krankheiten.

Abb. 14. Mortalität und Ertrag von vier verschiedenen Herkunftsorten der echten Edelraute. ▷



◁ Abb. 15. Detail eines Blütenkörbchens der echten Edelraute mit den zentralen Zwitterblüten und den äusseren weiblichen Blüten (Zeichnung S. Rey).

Abb. 16. Phenotypische Variabilität der echten Edelraute aus Mattmark. ▷

▽ Abb. 17. Phenotypische Variabilität der echten Edelraute: % der vier Phentypen der vier ausgesuchten Herkunftsorten.



% Sesquiterpenlactone. Der Gehalt an ätherischen Ölen in getrockneten Pflanzen variiert zwischen 0,1 und 1,4%. Für gewisse Substanzen der ätherischen Öle variiert der Prozentsatz sehr: 0-47% β -Pinen, 0-36% Cineol-1,8, 0-52% α -Thuyon, β -Thuyon, 0-58% Borneol, 0-30% β -Myrcen. Die analytischen Resultate ermöglichen es, vier Chemotypen zu definieren, in denen eine oder mehrere Substanzen dominieren.

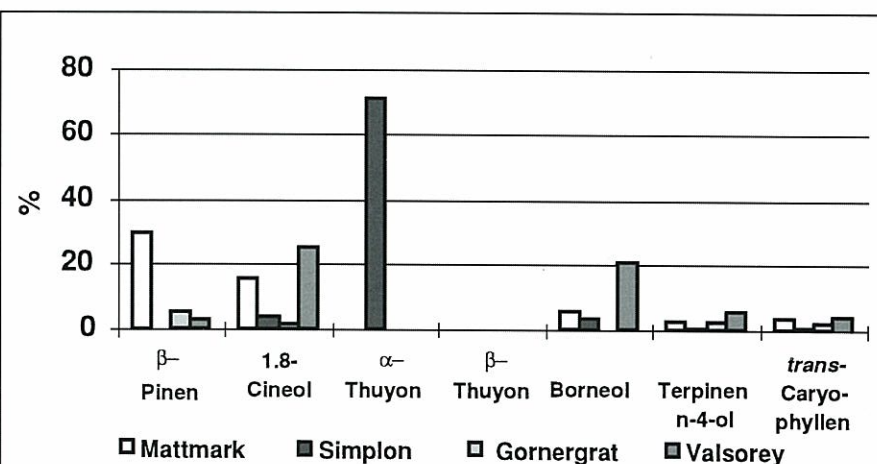
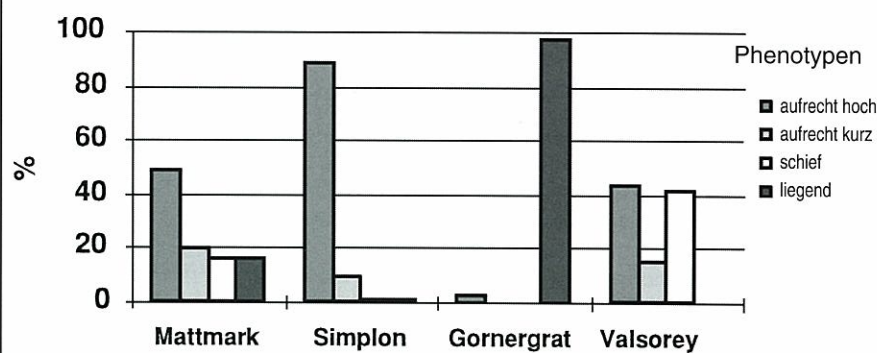
① Der Chemotyp **Thuyon** enthält 26-76% Thuyon (α - und β -Thuyon), bis zu 16% Borneol und 0,5-20% 1,8-Cineol.

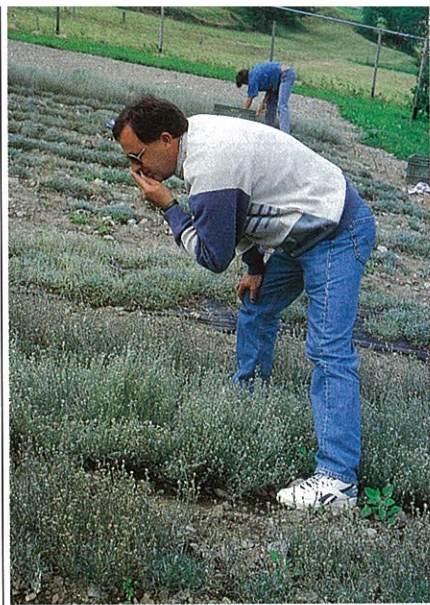
② Der Chemotyp **Cineol-1,8/Borneol** enthält 25% Cineol-1,8 und 21% Borneol. Das *trans*-Sabinen-Hydrat und das *trans*-Caryophyllen sind mehrheitlich vorhanden.

③ Der Chemotyp **Borneol** enthält bis zu 68% Borneol. In diesem Chemotyp wurden andere wichtige Substanzen wie *trans*-Caryophyllen, Cineol-1,8 und β -Pinen isoliert.

④ Der Chemotyp **β -Pinen** enthält zwischen 22 und 48% β -Pinen. Das *trans*-Caryophyllen kann bis zu 16% erreichen und Cineol-1,8 bis zu 10%.

Abb. 18. Chemotypische Variabilität der echten Edelraute: % der wichtigsten Substanzen im ätherischen Öl der Edelraute von vier verschiedenen Herkunftsorten. ▷



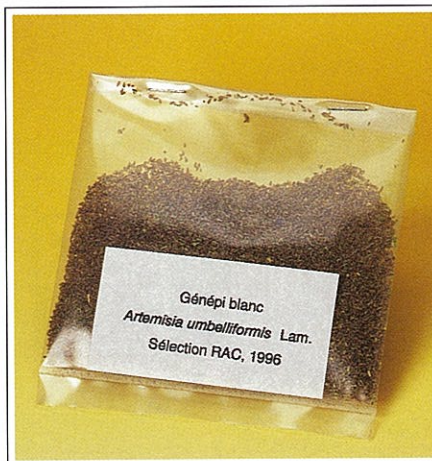


△ Abb. 19. Ermittlung der Chemotypen der echten Edelraute nach dem Geruch.

Verschiedene Zwischentypen existieren, diese sind aber chemiotaxonomisch nur schwer einzuteilen.

Die qualitativen HPLC-Analysen (High Pressure Liquid Chromatography) der lipophilen Extrakte zeigen, dass in den Sesquiterpenlactonen das Costunolid mehrheitlich vorhanden ist. Der Inhalt an Costunolid variiert zwischen 0,3 und 1,6%, dies bei ein und demselben Chemotyp. Die sehr flüchtigen aromatischen Substanzen wurden mit der SFE-Methode ermittelt (Supercritical Fluid Extraction). Mit ergänzenden Versuchen soll ermittelt werden, ob die verschiedenen Chemotypen auf dem Feld leicht zu erkennen sind. Mit einer guten Nase und ein wenig Übung kann man auf dem Feld den Thuyon-Bergwermut vom β -Pinen-Bergwermut unterscheiden (Abb. 19). Der Thuyon-Bergwermut riecht süsslich, der β -Pinen-Bergwermut harzig.

✓ **Die Selektion der interessanten Sorten:** die Variabilität der phenotypischen und chemotypischen Charakteristika ist für den Züchter von grossem Interesse. Dem Praktiker können wir heute Samen von Selektionslinien der Edelraute anbieten, welche keinen oder nur einen geringen Anteil Thuyon aufweisen (Tabl. 1, Abb. 20). Die verschiedenen Kulturen im Wallis wurden mit die-



△ Abb. 20. Selektionierte Samen der echten Edelraute stehen dem Bauern zur Verfügung (Photo D. Quattrocchi).

sen Samen angelegt und alle zeigten vielversprechende Resultate. Der Ertrag beträgt etwa 150 g trockene Pflanzen pro m² und für drei Jahre Kultur. Die neuen Selektionen sollten den Ertrag auf 220 g/m² erhöhen (Abb. 21-23).

Die Kultur

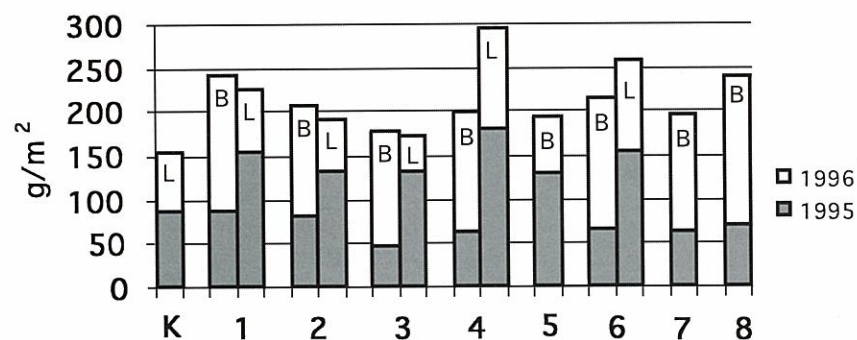
✓ **Wahl des Standortes und der vorhergehenden Kultur:** für eine erfolgreiche

Kultur der echten Edelraute muss ein geeigneter Standort gewählt werden, das heisst ein sonnenexponierter Ort (Süd, Süd-West, Süd-Ost) zwischen 1100 und 1600 m Höhe. Die besten Resultate wurden auf kalkhaltigem, wasserdurchlässigem Boden und auf ehemaligen Wiesen ermittelt. Eine organische Vordüngung mit Stallmist (1 m³/Are) wird angeraten.

✓ **Die Kulturmethoden:** um in kürzester Zeit einen optimalen Ertrag zu erhalten, raten wir zur oben beschriebenen Kulturmethode. Bei guten Bedingungen, bildet die Anfangs Juni angebaute Jungpflanze bis zum Herbst eine grosse Blattrosette mit ungefähr zehn vegetativen, kurzen Stengeln. Die erste Ernte findet Ende Juni des zweiten Jahres statt. Im Herbst blüht die Edelraute dann meist nicht mehr. Eine letzte Ernte findet Anfangs Sommer des dritten Jahres statt.

✓ **Pflanzdichte:** zu Beginn wurde die Edelraute in gegeneinander versetzten Doppelreihen angebaut mit einer Dichte von 11 Pflanzen pro m². Zur Vereinfachung des mechanischen Unterhaltes wird heute der Anbau in Beeten bevorzugt, 4-5 Linien pro Beet mit 14 oder 15 Pflanzen pro m². Die Kultur sowie der manuelle Unterhalt sind somit einfacher und ökonomischer.

▽ Abb. 21. Mittlerer Ertrag (Trockengewicht) verschiedener Selektionslinien der echten Edelraute. Bruson und Liddes, 1994-1996.



Legende : Typ aufrecht hoch, nr. 1, 2 und 3; Typ aufrecht kurz, nr. 5 und 6; Typ schief, nr. 7 und 8.

B : Bruson; L : Liddes; K : Kontrolle, Herkunft Mattmark.

Tabelle 1. Aktivsubstanzen der fünf Chemotypen der echten Edelraute (*A. umbelliformis*), welche zur Samenproduktion angebaut wurden.

Nr.	Phenotyp	Ae. Öl (%)	Costunolid (%)	β -Pinen (%)	Trans-Sabinen Hydrat (%)	Cineol -1,8 (%)	α -Thuyon (%)	β -Thuyon (%)	Borneol (%)	1-Terpinen -4-ol (%)	α -Terpinen (%)	β -Myrcen (%)	Trans-Caryophyllen (%)
1	schief	1,0	1,7	23,7	1,2	5,1	—	—	—	1,1	2,9	25,5	6,6
2	schief	1,4	1,8	9,6	8,4	15,8	—	—	10,0	6,3	5,3	—	2,8
4	schief	1,0	1,8	13,0	6,5	8,6	—	—	16,9	5,3	2,8	—	4,4
12	aufrecht	1,0	1,0	10,4	5,4	16,2	—	—	10,7	4,1	6,2	20,4	2,9
16	schief	1,0	2,0	1,6	1,7	21,9	—	—	20,5	3,5	8,1	—	6,1



△ Abb. 22. Vergleich verschiedener Selektionslinien in Bruson, 1996.



△ Abb. 23. Regelmässigkeit des aufrechten Typus einer Selektion der echten Edelraute.

☑ **Das Jäten und Beregnen:** der Bergwermut wächst sehr langsam und ist gegenüber Unkräutern wenig konkurrenzfähig. Meist wird 3-5 mal pro Jahr gejätet, was ein grosser manueller Aufwand bedeutet. Im Schnitt werden 30 Arbeitsstunden pro Are für eine 3 Jahre anhaltende Kultur gerechnet, das heisst 71% aller Arbeiten bestehen in der Unkrautbekämpfung. Diese Unterhaltsarbeiten müssen noch durch Versuche reduziert werden. So wurde ein Versuch mit My-Pex Folien angelegt (wasserdurchlässige Abdeckfolie). Die Folie wurde in verschiedenen Bandbreiten, von 1,5 m bis 5 m Breite ausgelegt. Nur die schmale Bandbreite von 1,5 m war zufriedenstellend, wobei die Folie eng am Boden anliegen muss. Dies kann am besten durch einen gewölbten Untergrund erreicht werden. Es ist sehr wichtig, dass die jungen Pflanzen nicht unter die Folie geraten, wo sie sehr schnell absterben würden (Abb. 24).

Eine Bewässerung ist sowohl bei der Aussaat, als auch über die Vegetationsperioden hinweg wichtig. Unter den klimatischen Bedingungen des Entremont Tales wird 3 bis 5 Mal pro Jahr beregnet mit ungefähr 20 mm pro Beregnung.

☑ **Die phytosanitären Aspekte:** auf Grund von verschiedenen Pilzkrankheiten sterben je nach Art und Herkunft regelmässig einige Pflanzen ab. Nur wenige Bekämpfungsmittel sind in der biologischen Landwirtschaft erlaubt, und diese genügen zur Vorbeugung von Pilzkrankheiten nicht. Dagegen werden mit der Selektion von resistenten Pflanzen aufschlussreiche Resultate erhalten (Abb. 14).



◁ Abb. 24. Anbau der echten Edelraute mit der Abdeckfolie My-Pex. Bandbreite der Folie: 1,50 m.

☑ **Die Produktionskosten:** auf Grund der Sortenversuche mit den verschiedenen Pheno- und Chemotypen der echten Edelraute auf dem Versuchsgut in Bruson und in biologisch gehaltenen Kulturen, wurde ein mittlerer Produktionskostenbetrag errechnet. Durchschnittlich werden jährlich 16,3 Arbeitsstunden pro Are benötigt. Bei hoher Pflanzdichte beträgt der Bruttoertrag pro m² Fr. 3.27. Gegenüber anderen, im Berggebiet kultivierten Kräutern, wie die Pfefferminze oder wie der gelbgrüne Frauenmantel, ist der Preis für ein Kilo getrocknete Edelraute hoch. Für die Berechnung sind der relativ geringe Ertrag der Edelraute (15 kg/Are/3 Jahre) und ein Stundenlohn von Fr. 20.- in Betracht zu ziehen. Mit einer zukünftigen Erhöhung der Produktivität kann der Preis jedoch noch gesenkt werden.

☑ **Ertrag getrockneter Pflanzen:** die selektionierten Linien der echten Edelraute ergaben über drei Jahre durchschnittlich einen Ertrag von 150 g getrocknete Blütenstände pro m² (Abb. 14 und 25). Die französischen und italienischen Kräuterbauern erhielten in den 80 Jahren nur einen geringeren Ertrag. Die Produktivität soll mit den neuen Selektionslinien noch erhöht werden (Abb. 20 und 21).

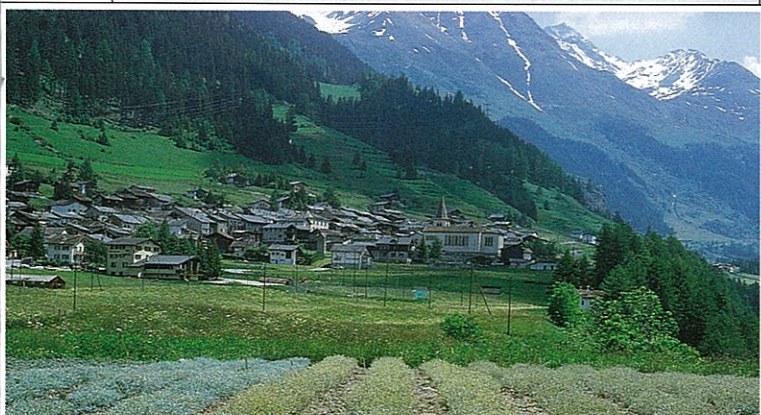
1996 produzierten die Walliser Kräuterbauern 250 kg getrocknete Pflanzen (Abb. 26). Um der erhöhten Nachfrage zu entsprechen, soll 1997 die Produktion verdoppelt werden.

Die Schlussfolgerungen

Verschiedene Resultate und Schlussfolgerungen sind aus den mehrjährigen Versuchen ersichtlich geworden:

- Die echte Edelraute (*A. umbelliformis*) kann zwischen 1100 und 1600 m kultiviert werden. Für die Bergbauern ist dies eine sehr positive Herausforderung.
- Die Resistenz bestimmter Pflanzen gegenüber Krankheiten, insbesondere gegenüber der Rostkrankheit des Wermuts, ist von grossem Interesse.

▽ Abb. 25. Kultur von drei Phenotypen der echten Edelraute im Erntestadium, Liddes 1995.



▽ Abb. 26. Die Ernte der frischen Pflanzen der echten Edelraute wird zur Trocknungsanlage gebracht.



- Verschiedene, sorgfältig ausgewählte Pflanzen haben keinen oder nur einen sehr geringen Anteil Thuyon.
- Selektion von drei morphologisch definierten Phenotypen.
- Selektion von vier Chemotypen mit verschiedenen aromatischen Charakteristika
- Produktion selektionierter Samen.
- Definition der Richtlinien für Kultur und Produktionskosten.

Dank

Diese Arbeit ist das Resultat einer guten Zusammenarbeit zwischen den Autoren: Charly REY, Leiter dieses Projektes und verantwortlich für die Selektion und den Anbau der Edelraute, wurde von Claude-Alain CARRON und Bénédicte NENDAZ unterstützt, Dr. Ivan SLACANIN vom Laboratoire Central in Biel übernahm die analytischen Arbeiten. Wir danken Sibyl ROMETSCH des botanischen Institutes der Universität Lausanne für die Übersetzung aus dem Französischen. Für die grosszügigen finanziellen Beiträge danken wir der Firma Ricola herzlich, insbesondere Herrn Peter IMHOF für sein Interesse und seine Unterstützung. Den nachfolgenden Personen möchten wir von Herzen danken für ihre Mithilfe: Armel PERRION, Laurent TORNAY, Dr. Jean-Luc LUISIER, Prof. Carlo BICCHI, Dr. Adrien BOLAY, Maryse MONTARONE, Dr. Alessandro BEZZI, M. Heinrich ABRAHAMS, Dott.ssa Laura POGGIO, Egidio ANCHISI, Prof. Raphael TABACCHI, Ariane AIMARD, Giuseppina MARGUERETTAZ-GAETANI, Aldo FOSSATI, Arnold SCHORI, Gérald COLLET, Cong-linh LÊ, David QUATTROCCHI, Pierre DUCHOSAL und Sabine REY.

Literatur

- ABRAHAMS H., BEZZI A., FERRARI P. e PONTALI M., 1981. Esperienze di coltivazione di piante officinali alpine nella regione Trentino-Alto-Adige. Congrès de plantes officinales de la flore naturelle alpine Herbor. Vérone (Italie).
- ANCHISI E., 1995. Fleurs rares du Valais. Collection Les Richesses de la nature en Valais. Pillet, Martigny, 192 p.
- APPENDINO G., BELLARDO F., NANO G. M. and STEFANELLI S., 1982. Sesquiterpene lactones from *Artemisia genipi* Web. Isolation and determination in plant material and in liqueurs. *J. Agric. Food. Chem.* **30**, 518-521.
- BEZZI A., 1982. E conveniente coltivare piante officinali? Convegno internazionale Borgotaro, settembre 1982.
- BICCHI C., NANO G. M. and FRATTINI C., 1982. On the Composition of the Essential Oils of *Artemisia genipi* Weber and *Artemisia umbelliformis* Lam. *Z. Lebensm. Unters. Forsch.* **175**, 182-185.
- BICCHI C., D'AMATO A., NANO G. M. and FRATTINI C., 1984. Capillary GLC Controls of Some Alpine *Artemisiae* and the Related Liqueurs. *Chromatographia* **18**, 560-566.
- BOLAY A., 1991. Rapport de détermination de champignons sur genépi (comm. personnelle), 2 p.
- BOSCHERO G., 1977. Esperimenti di coltura di *Artemisia genipi* Weber e A. Mutellina Vill. («genépi»). *Rev. Valdôtaine d'histoire naturelle* **31**, 81-83.
- ECCHER T. e BUSSOLATI, 1984. Ricerche preliminari e prospettive per il miglioramento genetico di *Artemisia genipi* Weber. *Erboristeria Domani* **6**, 258-262.

- FLÜCK H., 1959. Arzneipflanzen der montanen und alpinen Regionen. *Journal suisse de Pharmacie*, 699-704.
- FOURNIER P., 1990. Les Quatre Flores de France. Ed. Lechevalier, Paris, 1104 p.
- FRANÇOIS E., 1985. Le genépi: culture d'avenir? I^{res} Rencontres techniques et économiques Plantes aromatiques et médicinales, Nyons 9-11 décembre 1985, 132-136.
- GAUTHERET R., LEDDET C. et PAUPARDIN C., 1984. L'amélioration de genépis (*Artemisia umbelliformis* et *A. genipi*) par culture de méristème. *C. R. Séances à l'Académie d'agriculture* **70** (10), 1237-1246.
- GILLY G., 1984. La culture du genépi. Dossier interne de l'INRA d'Antibes, 37 p.
- HESS H. E., LANDOLT E. und HIRZEL R., 1972. Flora der Schweiz. Bd 3, Birkhäuser Verlag, Basel, 876 p.
- HOFFMANN F. H., 1949. Über den Einfluss einiger Bodenarten auf Wachstum und Gehalt von Arzneipflanzen. Dissertation E.T.H. 1804 A, 124 p.
- LANDOLT E. et AESCHMANN D., 1986. Notre flore alpine. Club alpin suisse, 3^e édition, 333 p., 120 planches en couleurs.
- LEDDET C., PAUPARDIN C. et GAUTHERET R., 1984. Comparaison des huiles essentielles de quelques clones de genépi isolés et multipliés par culture *in vitro*. *C. R. Acad. Sc. Paris*, t. 299, Série III, **14**, 621-624.

- LUSIER J.-L., 1993. Rapport préliminaire d'analyses d'huiles essentielles de genépi, EIV Sion, 8 p.
- NANO G. M., MARTELLI A. and SANCIN P., 1966. Chemical investigations of *Artemisia* grown in Piedmont. *Riv. Ital. Essenze-Profumi, Pianta offic., Aromi-Saponi, Cosm., Aeros.* **98**, 409.
- PIGNATTI S., 1982. Flora d'Italia. Vol. 1. Edagricole, Bologna, 780 p.
- PINTO-SCOGNAMIGLIO W., 1967. Connaissances actuelles sur l'activité pharmacodynamique de la thuyone, aromatisant naturel d'un emploi étendu. *Bull. Chim. Pharm.* **106**, 292-300.
- POGGIO I., 1983. Risultati di alcune indagini sulla coltura di *Artemisia genipi* Weber in Valle d'Aosta. Thèse 4645. Facoltà di Agraria, Università degli studi di Torino.
- REY Ch., 1996. Domestikation der echten Edelraute (*Artemisia umbelliformis* Lam.). Edelraute Projekt RAC-RICOLA, 25 p.
- STEFANELLI S. e BUSANELLI G., 1980. Esperienze di coltivazione di piante officinali alpine su diversi substrati naturali. *Economia Trentina* **4**, 22-74.
- TUTIN T. G., HEYWOOD V. H., BURGESS N. A., VALENTIN D. H., WALTERS S. M. and WEBB D. A., 1976. Flora Europaea, vol. 4, The University Press, Cambridge, 505 p.

Résumé

Domestication du genépi blanc (*Artemisia umbelliformis* Lam.)

Après huit ans d'essais variétaux et culturaux (par convention avec la maison Ricola), la domestication du genépi blanc (*Artemisia umbelliformis* Lam.) a été réalisée entre 1100 et 1600 m d'altitude en Valais (Suisse). Plusieurs lignées résistantes à la rouille de la grande absinthe (*Puccinia absinthii* (Hedw.) DC.), riches en huile essentielle et en principes amers, pauvres ou dépourvues de thuyone, ont été obtenues par sélection et classées selon quatre types chimiques distincts (thuyone, cinéol-1,8/borneol, borneol, β -pinène). Elles présentent aussi trois phénotypes différenciés dans leur port, la couleur de leur feuillage et la précocité de leur floraison. Les meilleures lignées ont obtenu à Bruson plus de 220 g/m² de matière sèche sur trois ans (1994-1996). Actuellement, des praticiens valaisans cultivent biologiquement des plantes fournies par nos soins. Le rendement ne dépasse pas 150 g/m² sur trois ans. Mais, à terme, la productivité sera augmentée grâce aux nouvelles sélections.

Riassunto

Addomesticamento del genepi bianco (*Artemisia umbelliformis* Lam.)

Dopo otto anni di prove varietali e culturali, oggetto di una convenzione con la casa Ricola, la coltivazione del genepi bianco (*Artemisia umbelliformis* Lam.) ha dato i suoi risultati fra i 1100 e i 1600 m di altitudine del Vallese Svizzero. Una vasta gamma di ceppi resistenti alla ruggine dell'assenzio (*Puccinia absinthii* (Hedw.) DC.), ricchi di oli essenziali e di principi amari, poveri o privi di tujone, sono stati ottenuti per selezione e classificati secondo quattro chemotipi distinti (tujone, cineolo-1,8/borneolo, borneolo e β -pinene). Questi individui presentano anche tre fenotipi differenziati nel loro portamento, il colore delle foglie e la precocità della fioritura. I migliori ceppi di Bruson hanno dato più di 220 g/m² di materia secca per tre anni di coltivazione (1994-1996). Attualmente gli agricoltori vallesani coltivano biologicamente le piante fornite dal nostro istituto: la resa non supera i 150 g/m² su tre anni. Ma a breve termine, la produttività aumenterà grazie a nuove selezioni.

Summary

Domestication of the withe genepi (*Artemisia umbelliformis* Lam.)

An eight year's breeding, testing and growing program with the support of the firm Ricola, allowed to domesticate the white genepi (*Artemisia umbelliformis* Lam.) within altitudes of 1100 to 1600 m in the region of Valais (Switzerland). Several strains have been bred with resistance to the rust of the tall wormwood (*Puccinia absinthii* (Hedw.) DC.), with high essential oil and bitter contents, having low or none thuyone. They have been classified following four distinct chemotypes (thuyone, cineol-1,8/borneol, borneol, β -pinene). They also show three distinct phenotypes with respect to growth habit, foliage colour and flowering earliness. The best strains yielded at Bruson more than 220 g/m² of dry matter over three years (1994-1996). Local growers are presently using plants from our nursery for biological cultivation: average yields do not exceed 150 g/m² currently, but are expected to increase with the use of the new cultivars.