

## Rad. taraxaci.

Löwenzahnwurzel, Racine de Pissantit, Taraxacum Root.

Der primäre Bau der Wurzel von *Taraxacum officinale* L. ist folgender.

Die junge Hauptwurzel ist diarch (oder triarch). Eine Nebenwurzel von 0,10 mm Durchmesser besitzt ein centrales radial-diarches Bündel. Im Siebteil sind bereits einige Milchröhren sichtbar. Außerhalb der schmalen Endodermis liegen 5 Reihen großer Rindenparenchymzellen: die primäre Rinde. Dieselbe führt normale Milchröhren. Etwas dickere Wurzeln von etwa 0,26 mm Durchmesser zeigen bereits — bei Haupt- und Nebenwurzeln — sekundären Zuwachs, indem neben den sehr schmalen primären Gefäßen große, bis 40 Mik im Durchmesser messende sekundäre auftreten, wodurch sowohl die Diarchie wie die Triarchie verwischt erscheint. Zunächst entsteht meist rechts und links von der centralen Gefäßteilplatte je ein sekundäres Gefäß (Fig. 2). Bei einer 0,52 mm dicken Wurzel sind bereits etwa 10 sekundäre Gefäße gebildet, der Kambiumring ist kreisförmig geschlossen, der Siebteil umgiebt als geschlossener Cylinder den centralen Gefäßteil, in dem vom primären Bau meist nichts mehr deutlich zu sehen ist. Milchröhren sind in dem Siebteil bereits sehr reichlich gebildet, besonders in der Partie unmittelbar am Perikambium. Die aus etwa 8 Reihen Parenchymzellen bestehende primäre Rinde zeigt starke Lockerung der Zellen, die äußeren Zellreihen gebräunte Wände. Sie wird in der Regel bald nachher abgeworfen, doch kommt es auch vor, daß sie noch relativ lange erhalten bleibt. Noch bei mehreren Millimeter dicken Wurzeln ist die Endodermis, die dem Dickenwachstum durch lebhaftes Radialteilung ihrer Zellen folgt, erhalten und erst jetzt beginnt im Perikambium die Korkbildung.

Die Droge wird von den Pfahlwurzeln gebildet, die bis 2 cm dick und mehrere Decimeter (manchmal  $\frac{1}{2}$  m und mehr) lang werden, meist aber ihrer Spitze beraubt sind, da beim Herausreißen aus dem Boden der am tiefsten eingedrungene Teil der fast senkrecht in den Boden sich einbohrenden Wurzel, abreißt. Entweder finden sich einfache Pfahlwurzeln oder die Wurzel teilt sich oben in mehrere Äste (Zasern). Stets ist die Wurzel bekrönt von einem kurzen, etwa 1 cm langen, geraden Rhizom (einer meist unterirdischen Achse), welches gleichfalls bald einfach bleibt, bald sich in mehrere Äste gabelt, „mehrköpfig“ wird. Diese Rhizomstücke tragen an ihrer Spitze

ein Blattbüschel und im Frühjahr die Knospen der Blütenstände. Die mit diesen Blattbüscheln versehenen Wurzeln kommen unter dem Namen Rad. taraxaci cum herba in den Handel.

Die Wurzel, die die Hauptmasse der Droge ausmacht, schrumpft beim Trocknen stark, ist außen braun und zeigt zahlreiche Längsrünzeln. Da ihr alle mechanischen Elemente fehlen, bricht sie gerade-körnig.

Das Lupenbild des aufgeweichten Wurzelquerschnittes zeigt ein sehr charakteristisches Bild (*m*, Fig. 1). Der relativ schmale gelbe Holzkörper nimmt die Mitte ein und zeigt die zahlreichen Gefäßöffnungen in Form kleiner Punkte. Oft sind auch die beiden primären Markstrahlen (*pmk*) sichtbar. Sekundäre Markstrahlen fehlen. Die breite Rinde zeigt deutliche, meist kreisförmig ringsumlaufende Zonen (Fig. 1, *R*), die für die Löwenzahnwurzel außerordentlich charakteristisch sind und von, zu konzentrischen Kreisen angeordneten, mit Siebröhren vergesellschafteten Milchröhren-Gruppen gebildet werden.

Das Lupenbild des Wurzelstockquerschnittes zeigt dagegen ein mehr oder weniger centrales Mark (*m*, Fig. 1a), um welches sich ein Kranz von Gefäßbündeln herumlegt, die durch zahlreiche Markstrahlen voneinander getrennt sind. Die Rinde zeigt auch hier die gleichen konzentrischen Zonen von Milch- und Siebröhrengruppen, sowie zahlreiche Rindenstrahlen. Da und dort sieht man die fast in horizontaler Richtung die Rinde durchziehenden Blattspurstränge, die von den basalen Blättern in das Rhizom eintreten (*bsp*, Fig. 1a).

Die Anatomie der Wurzel ist folgender. Der centrale Holzkörper läßt in der Mitte die zarten primären Gefäße erkennen, die bisweilen gebräunte Wände zeigen. Sie sind enger als die sekundären. Dann und wann ist am primären Gefäßteil sogar noch die Diarchie des primären Baues zu beobachten. Der sekundäre Gefäßteil, der eigentliche Holzkörper, besteht vorwiegend aus den sehr verschieden weiten — 10—55 Mik — Gefäßen. Dieselben besitzen oft einen etwas eckigen Querschnitt und liegen bald isoliert, bald sind sie zu weniggliedrigen Gruppen vereinigt (Fig. 13). Ihre Wand ist bald spiralig verdickt (bei der engsten), bald zeigt sie Leiter- oder Netzleistenverdickung (Fig. 9). Die letztere Form

ist die häufigste. Die Wand ist verholzt. Die Trennungswände der Gefäßmutterzellen sind mit runden Löchern perforiert. Begleitet werden die Gefäße von einigen wenigen Holzparenchymzellen und eigentümlichen gestreckten und schmalen Zellen, die an den Enden bald gerade abgestutzt, bald zugeschärft sind und deren Wand eine sehr zarte Streifung zeigt, die jedoch erst nach Zusatz von Chlorzinkjod hervortritt. Die beiden schräggestellten Streifensysteme schneiden sich spitzwinklig (Fig. 9, *Er*). Man kann diese Zellen wohl als Ersatzfasern ansprechen. Holzparenchym und Ersatzfasern sind unverholzt. Die beiden primären Markstrahlen sind bei jüngeren Wurzeln gut zu sehen, bei älteren weniger. Sie bestehen aus radialgestrecktem Markstrahlparenchym. Sekundäre Markstrahlen fehlen.

Ein mehrzelliges Reihenkambium (*c*, Fig. 13) umgibt den Holzkörper ringsum.

Die sekundäre Rinde enthält die schon oben erwähnten, zu konzentrischen Kreisen (Fig. 1) angeordneten Gruppen von Milch- und Siebröhren und als Grundgewebe ein eigentümliches Phloemparenchym, bei dem sich (auf dem Querschnitte) die aus einer Kambiumzelle hervorgegangenen Radialreihen auf weite Strecken deutlich verfolgen lassen (Fig. 13). Auch auf dem radialen Längsschnitte lassen sich diese Reihen gut verfolgen (Fig. 8, links). Die Zellen behalten lange die Länge der Kambiumzellen bei. Die Zellen sind in den äußeren Partien der Rinde rundlich und wenig in die Länge gestreckt, in den inneren schmaler und gestreckt (Fig. 8). Ihre Wand zeigt nach Zusatz von Chlorzinkjod eine sehr zarte Streifung, ganz der gleichen Art, wie sie bei den Ersatzfasern des Holzkörpers beschrieben wurde, nur sehr viel deutlicher. Entweder sieht man zwei sich schneidende helle Streifensysteme auf blauem Grunde (Fig. 8, *x*), oder man sieht kurze, gekreuzte helle Linien bald in geringer (Fig. 8, *y*), bald in großer Zahl (Fig. 8, *z*) auf dem durch Chlorzinkjod blau gefärbten Grunde leuchtend hervortreten. Diese gekreuzten Linien sehen aus wie gekreuzte Spaltentüpfel, als welche man sie wohl auch auffassen darf. Derartige gestreifte Fasern, die also ein ersatzfaserartiges Phloemparenchym darstellen, habe ich bereits bei *Rad. Angelicae* beschrieben. (S. 2.) Sie scheinen also bei Wurzeln, denen mechanische Elemente fehlen, häufiger vorzukommen und jene zu vertreten.

Das Phloemparenchym enthält im Zellsafte eine farblose Lösung von Inulin, nur sehr selten Stärke. Das Inulin vertritt — hier wie bei anderen Kompositen — die Stärke als Reservestoff. Der Inulingehalt ist am geringsten auf der Höhe der Vegetationsperiode, am größten im Herbst (Oktober) nach Abschluss derselben, wo er 25 Proz. erreichen kann. In der Droge bildet das eingetrocknete Inulin meist in Wasser lösliche Klumpen in den Zellen. Legt man frisch gegrabene Wurzeln in Alkohol, so kristallisiert es in eigentümlichen Sphärökrystallen aus (Fig. 7 und Fig. 11, *kr*), die entweder kugelig oder wulstig, oder halbkugelig oder gefächert sind, oft zu vielen vereinigt auftreten, ja ganze Zellgruppen erfüllen und alsdann ganz unabhängig von dem Wandnetz zu kristallisieren scheinen. Oft sieht man, daß jeder Sphärökrystall aus radial um einen

Mittelpunkt gestellten Nadeln besteht, ja bisweilen ragen einzelne Nadeln sogar über die Kontur der Sphärökrystalle hinaus (Fig. 7, *x*), meist jedoch ist die Randkontur rund und, abgesehen von einigen Einbuchtungen, glatt. Neben Inulin kommt in dem Rindenparenchym auch reduzierender Zucker und Lävulin vor, oft sehr reichlich, besonders in den inulinarmen Frühjahrswurzeln.

Die Sieb- und Milchrohrenguppen bilden nun in diesem Grundgewebe auf dem Querschnittsbilde isolierte Inseln, die so orientiert sind, daß konzentrische Zonen entstehen (Fig. 1). Thatsächlich sind es übrigens nicht isolierte Inseln, sondern die einzelnen Gruppen einer konzentrischen Zone stehen mit den benachbarten der gleichen Zone in anastomosierender Verbindung. Die Siebröhren (*s*, Fig. 4, 5, 10 u. 13) zeigen je nach der Jahreszeit entweder kallusfreie Querplatten (Fig. 10, *sp* links) oder die letzteren sind mit Kallus bedeckt (Fig. 10, *x*). Die Glieder der Siebröhren pflegen die Länge einer Phloemparenchymzelle (also auch einer Kambiumzelle) zu besitzen. Sie enthalten reichlich Eiweißsubstanzen. Die 12—22 mik weiten Milchrohren (*M*, Fig. 4, 5, 8, 10, 11 u. 13) gehören zu den gegliederten (Angew. Anatomie S. 522). Sie entstehen durch Resorption der trennenden Wände über- und nebeneinander liegender Kambiumzellen. Die verschmelzenden Zellen besitzen eine in Form von Celluloseschleim (Angew. Anatomie S. 195) entwickelte Zwischenzellsubstanz. Überhaupt sind die Milchrohren (und auch die Siebröhren) gewissermaßen eingebettet in eine weiche Schleimsubstanz. Die Interzellularsubstanz hat nämlich hier den Charakter eines Celluloseschleims. Sie erfüllt als breite, weiche, quellungsfähige Masse, die sich mit Chlorzinkjod schwach blau färbt, den ganzen Raum zwischen den Zellen (ähnlich wie bei vielen Algen) (*J*, Fig. 5). Die Milchrohren, deren zarte sekundäre Membran (*sm*, Fig. 5) sich ebenso wie die sekundäre Membran der Siebröhren und des Phloemparenchyms mit Chlorzinkjod tief blau färbt, erlangen dadurch eine gewisse Freiheit der Bewegung, indem sie wie in einer Gelatinemasse fortwachsen können. Sie können in dem Interzellularschleim vorwärts gleitend nicht nur zwischen den benachbarten Zellen hindurch zu benachbarten Milchrohren hinüberwachsen (Fig. 5 links), um sich mit ihnen zu vereinigen, sondern auch in den Interzellularschleim hinein seitliche Fortsätze treiben an Stellen, wo es ausgeschlossen ist, daß sie zwischen benachbarte Zellen sich einschiebend weiter wachsen können (Fig. 11). Durch reichliche Anastomosen und Verschmelzung der Äste entsteht schließlich ein in seinem Verlaufe auf Tangentialschnitten durch eine jener konzentrischen Zonen schön zu übersehendes reich verzweigtes Milchrohrennetz (Fig. 11, vergl. auch Angew. Anatomie S. 523), dessen Anastomosen eine offene Kommunikation innerhalb des ganzen Netzes ermöglichen. Der Inhalt der Milchrohren ist ein körniger, beim Anschneiden frischer Wurzeln weiß austretender (bald aber schwarzbraun werdender) Milchsaft, der bei der Droge bräunlich-grau erscheint und sich leicht mit Alkannin-Essigsäure färben läßt. Er enthält neben Eiweiß den Bitterstoff, das Taraxacin und ein Gutta, das Taraxacerin. Am besten ist er bei Alkoholmaterial zu sehen, aber auch bei

der aufgeweichten Droge treten die Milchröhren charakteristisch hervor. Während die einzelnen Gruppen der Milch- und Siebröhren einer konzentrischen Zone stets untereinander in anastomosierender Verbindung stehen, kommt es niemals vor, daß zwei benachbarte Zonen unter sich verbunden sind. Die die Milchröhrengruppen umgebenden Phloemparenchymzellen besitzen luftführende Intercellularen (Fig. 5).

In den äußersten Partien der Rinde, wo auch die obliterierten primären Siebbündel (*obl*, Fig. 3) liegen und das Rindenparenchym oft in sehr lebhafter Teilung begriffen ist (Fig. 3) — auch das Phloemparenchym der inneren Partien zeigt viele Teilungswände (Fig. 5 bei *x* und Angew. Anatomie Fig. 221) —, ist eine zonenartige Anordnung der Milchröhrengruppen, die hier auch individuenärmer sind als weiter innen, nicht zu beobachten. Sie liegen hier mehr oder weniger isoliert (Fig. 3) und bilden ein selbständiges Milchröhrennetz. Eigentliche Rindenstrahlen fehlen, doch täuscht, da die Milch-Siebröhrengruppen tangential anastomosieren, das zwischen diesen liegende Rindengewebe auf dem Tangentialschnitte das Bild sekundärer Rindenstrahlen vor.

Außen wird die Rinde von dem Kork begrenzt (*k*, Fig. 3), der nur wenige Reihen dick wird und dessen Phellogen nur ausnahmsweise Phellogerm bildet. Die Zellen des Korkes besitzen die typische Tafelform, von der Fläche gesehen sind sie isodiametrisch (Fig. 12).

Der kurze Wurzelstock, in den die Wurzel oben ausläuft, besitzt in der Mitte ein nicht sehr breites Mark (*m*, Fig. 1a), um dasselbe legt sich ein Kranz keilförmiger Ge-

fäßsteile (*gth*, Fig. 1a), die durch relativ breite Markstrahlen getrennt sind. Die letzteren setzen sich als Rindenstrahlen in die Rinde fort, die im übrigen wie die Rinde der Wurzel durch zahlreiche konzentrische Zonen von Sieb-Milchröhrengruppen das charakteristische gezonte Querschnittsbild erhält. Diese Sieb-Milchröhrengruppen (*s* und *Mi*, Fig. 6) gleichen ganz denen der Wurzel, ebenso auch die Gefäße (*gf*, Fig. 6) des Gefäßsteiles. Das Markparenchym (*m*, Fig. 6) wird von relativ großen polyedrischen Parenchymzellen gebildet. In der Rinde verlaufen nahezu horizontal die Blattspurstränge (*bsp*, Fig. 1a), die sich an den Gefäßbündelring des Rhizoms ansetzen.

Der das Rhizom bekrönende Blattschopf besteht aus mehr oder weniger zahlreichen Blättern oder deren basalen Partien. Die tiefstinsertierten sind abgestorben. Ihre Basen erhält man bei Querschnitten durch das Rhizom (*bl*, Fig. 1a). Die stark hervortretenden Mittelrippen der Blätter führen einen Kranz von 11 ungleich großen Bündeln, von denen das in der Mitte der vorgewölbten Unterseite liegende größer ist als die übrigen. Die an der morphologischen Oberseite liegenden Bündel sind sehr klein. Die Bündel führen am Siebteil Milchröhren und mechanische Belege. Bei jungen, in der Entwicklung begriffenen Blättern (wie solche der Droge meist anhängen) zeigen die Stärkekörner der Stärkescheide alle Stadien der Korrosion, da sie für die Ausbildung des mechanischen Beleges verbraucht werden. Auch die Bündel der Blattlamina, die Nerven höherer Ordnung, führen Milchröhren. Die Mitte des Hauptnerven ist hohl.

Tafel 33.

Erklärung der Abbildungen.

*Taraxacum officinale* Wigg.

- Fig. 1. Lupenbild des Wurzelquerschnittes.  $\alpha$  Die eigentümlichen Zonen der Rinde.
- „ 1a. Lupenbild des Rhizomquerschnittes. *bsp* Blattspuren.
- „ 2. Schematisiertes Querschnittsbild einer ganz dünnen Nebenzwurzel. Der diarche Bau ist noch deutlich, doch sind schon zwei sekundäre Gefäße (*gth*) entwickelt.
- „ 3. Querschnitt durch die Randschicht der Wurzel mit dem Kork.
- „ 4. Gruppe von Siebröhren und Milchröhren der Wurzelrinde.
- „ 5. Das gleiche, aber stärker vergrößert, um die als Cellulose-schleim entwickelte Zwischenzellsubstanz (*I*) zu zeigen, in der die Konjugation benachbarter Milchröhrenzweige erfolgt. *sm* die zarte sekundäre Membran, die sich mit Chlorzinkjod stark bläut.
- Fig. 6. Querschnitt durch die kambiale Partie des Rhizoms. Das Kambium ist undeutlich.
- „ 7. Inulin-Sphärökristalle aus in Alkohol eingelegten frischen Wurzeln.
- „ 8. Radialer Längsschnitt durch die Wurzelrinde. Milchröhre und ersatzfaserartiges Phloemparenchym.
- „ 9. Radialer Längsschnitt durch das Wurzelholz.
- „ 10. Siebröhren und Milchröhrenende aus der Wurzelrinde.
- „ 11. Tangentialer Längsschnitt durch das Milchröhrennetz der Wurzelrinde.
- „ 12. Wurzelkork, Flächenansicht.
- „ 13. Querschnitt durch die kambiale Partie der Wurzel.



