

Zeitschrift: Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

Herausgeber: Schweizerischer Forstverein

Band: 132 (1981)

Heft: 5

Artikel: Untersuchungen über das Verhalten von Jungpflanzen einiger Baumarten bei verschiedenem Grundwasserstand

Autor: Leibundgut, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-764406>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

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

Untersuchungen über das Verhalten von Jungpflanzen
einiger Baumarten bei
verschiedenem Grundwasserstand

Von *H. Leibundgut*, Zürich

Oxf.: 181.31 : 181.36

Vorwort

Im Versuchsgarten Waldegg des ehemaligen Institutes für Waldbau der Eidgenössischen Technischen Hochschule Zürich (heute Fachbereich Waldbau des Institutes für Wald- und Holzforschung) wurde eine Grundwasser-Versuchsanlage erstellt, welche von 1951 bis 1971 die Durchführung der im folgenden beschriebenen Versuche ermöglichte. Dabei sollten Einflüsse des Grundwasserstandes auf die Entwicklung von Jungpflanzen verschiedener Baumarten und vor allem die Ausbildung ihres Wurzelwerkes untersucht werden.

Die einzelnen Versuche stehen in keinem unmittelbaren Zusammenhang. Die Versuchsbedingungen und Auswertungen stimmen daher zum Teil nicht überein. Eine gemeinsame Darstellung erscheint aber dadurch begründet, dass die Ergebnisse doch grossenteils zusammenfassende Folgerungen erlauben.

Einzelne Versuchsanlagen dienten auch Herrn Prof. Dr. *F. Richard* für Untersuchungen über die Evaporation und Transpiration.

Die lange Gesamtdauer der Untersuchungen brachte mit sich, dass zahlreiche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter zeitweise damit beschäftigt waren, die nicht alle einzeln erwähnt werden können. Ich bin ihnen allen aber für die zuverlässige Mitarbeit sehr dankbar. Besonders erwähnen möchte ich aber die Laborantin Fräulein *M. Mezger*, Frau *L. Launer* als Rechnerin, die Herren Forsting. *P. Jager*, Förster *Chr. Guler* und *H. J. Lüthy* und Dr. *B. Prpić*, der den Versuch mit Schwarzerlen bearbeitet hat. Ganz besonderen Dank schulde ich Herrn Dr. *D. Rubli* für die zusammenfassende Verarbeitung der umfangreichen Versuchsakten und einen ersten Entwurf für eine Veröffentlichung. Herrn Direktor Dr. *W. Bosshard* von der Eidgenössischen Anstalt für das forstliche Versuchswesen danke ich für die Reinzeichnung der Darstellungen durch seinen Zeichnungsdienst.

1. Die Versuchsfragen

Über den Einfluss des Grundwasserstandes auf den Lebenshaushalt einzelner natürlicher Waldgesellschaften und das Gedeihen verschiedener Baumarten besteht bereits eine umfassende Literatur.¹ Ebenso befassen sich viele Veröffentlichungen mit der Ausbildung des Wurzelwerkes der Waldbäume auf verschiedenen Böden.² Dagegen sind die experimentellen Untersuchungen über die Auswirkungen verschiedener Grundwasserverhältnisse auf die Ausbildung des Wurzelwerkes äusserst spärlich. Obwohl solche Untersuchungen nur mit jungen Waldbäumen und nur über kurze Zeit ausgeführt werden können, versprechen sie doch wertvolle Aufschlüsse, weil erfahrungsgemäss die endgültigen Bewurzelungstiefen schon sehr früh erreicht werden und auch die auf bestimmten Böden gebildeten Typen der Wurzeltracht schon bei jungen Waldbäumen grossenteils erkennbar sind. Diese Erfahrungen gaben dazu Anlass, ausgehend von Problemen des praktischen Waldbaus in Versuchen mit Zuchtpappeln, Balsampappeln, Aspen, Schwarz- und Weisserlen und Stieleichen die folgenden Versuche durchzuführen:

Versuch 1. In welchen Merkmalen unterscheiden sich eine sogenannte «Trockenpappel» und eine «Nasspappel» bei ungleichen Grundwasserständen?

Versuche 2 und 3. Wie reagieren Schwarzerlen und Weisserlen mit der Ausbildung ihres Wurzelwerkes und ihrem Wachstum auf verschiedene Grundwasserstände?

Versuch 4. Wie reagieren Aspe, Balsampappel und eine Zuchtpappel mit der Ausbildung ihres Wurzelwerkes und ihrem Wachstum auf verschiedene Grundwasserstände?

Versuch 5. Welche Auswirkungen haben wechselnde Grundwasserstände auf die Bewurzelung von Schwarzerlen und Stieleichen, und in welchem Masse sind diese beiden Baumarten imstande, einen schweren Lehmboden zu durchwurzeln?

2. Die Versuchsanlagen

Die Grundwasser-Versuchsanlage befindet sich im Forstgarten Waldegg des forstlichen Lehrreviers der ETH Zürich in einer Meereshöhe von 620 m. Sie besteht aus vier Betonbecken mit einer Länge von 5 m und einer Breite

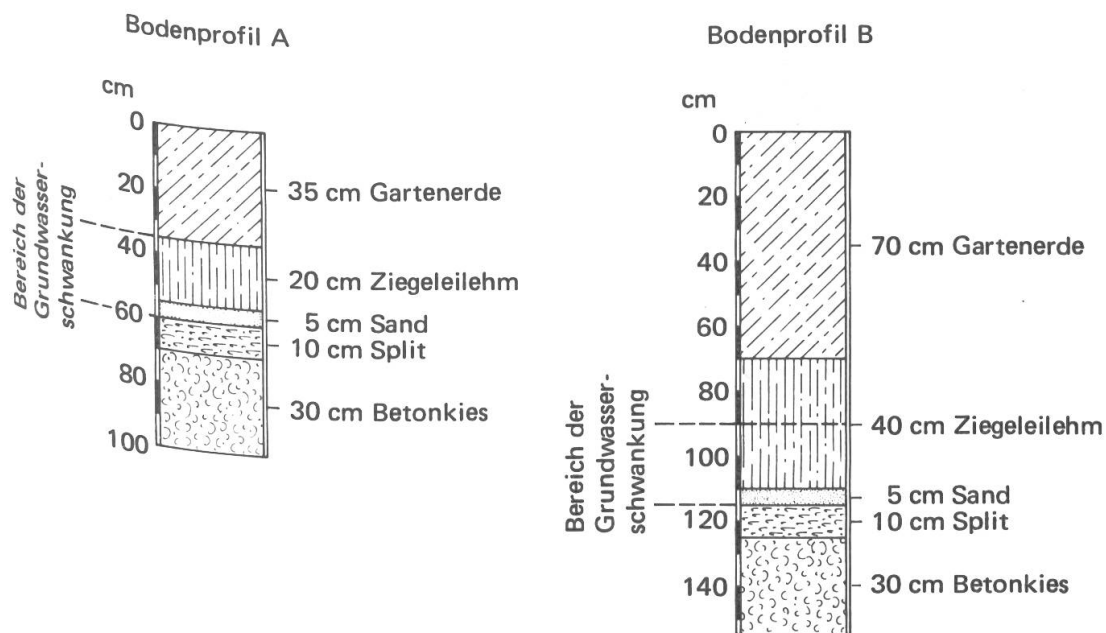
¹ Vgl. *Ellenberg, H.*: Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen. Ulmer, Stuttgart, 1963.

² Vgl. *Köstler, J., Brückner, E., Bibelriether, H.*: Die Wurzeln der Waldbäume. Parey, Hamburg und Berlin, 1968. — *Chatziphilippidis, G.*: Untersuchungen über die Auswirkung einer Grundwassererhebung auf den Zuwachsverlauf und das Wurzelwerk der Bäume in einem Auenwald. Diss. ETH Zürich Nr. 6098 und Beih. 62 zu den Ztschr. des Schweiz. Forstvereins, 1979.

von 1,5 m. Je zwei Becken sind 1,7 m tief bzw. 1,25 m tief. Ein weiteres Becken dient der Vorwärmung des Quellwassers auf die Aussentemperatur und der Speisung der vier Versuchsbecken.

In diese Becken wurden je nach dem erforderlichen Wuchsraum der Pflanzen je 8 bis 10 gelochte, in 50 cm lange Halbschalen zerlegbare Zementrohre mit 40 cm Innendurchmesser aufgestellt. Beim Ausbau konnten die Rohre segmentweise zerlegt werden, so dass sich das Wurzelwerk schichtweise ausschlämmen liess. Die ständige Erhaltung eines bestimmten Wasserstandes in den einzelnen Becken erfolgte durch Zuleitungen aus dem Vorwärmebecken. Überlaufrohre ermöglichten die genaue Einhaltung eines bestimmten Grundwasserstandes.

Als Erde diente mit Ausnahme von Versuch 5 ein Gemisch von zwei Teilen Forstgartenerde und je einem Teil gut verrottetem Laubkompost, feinem Flusssand und gesiebttem Handelstorf. Der pH-Wert des Gemisches wurde bei der Versuchsanlage mit 6,7 bestimmt. Beim Versuch 5 wurden zwei verschiedene Bodenprofile aufgebaut gemäss der Darstellung 1. Für die Erstellung der Lehmschicht wurde Material aus der Lehmgrube Giesshübel der Zürcher Ziegeleien verwendet.



Darstellung 1. Bodenprofile des Versuches 5

Als Versuchspflanzen dienten:

— **Zuchtpappeln.** 1jährige, bewurzelte und zurückgeschnittene Stecklingspflanzen von Klon 06.1 («Trockenpappel») und Klon 20.36 («Nasspappel») aus dem Pappelgarten Glanzenberg der ETH Zürich. Die Bezeichnungen «Trocken- bzw. Nasspappel» beruhen auf den Standorten

der beiden Bäume, von denen seinerzeit Stecklinge für die Anlage des Mutterstocksortimentes gewonnen wurden. Für den Versuch 4 wurde der Klon 01.1 gewählt.

- *Balsampappel*. 1jährige, bewurzelte und zurückgeschnittene Stecklingspflanzen aus dem Pappelgarten Glanzenberg (Klon 10.35).
- *Schwarzerle*. 1jährige Sämlinge der Herkunft «Krebsbach», Birmensdorf (ZH).
- *Weisserle*. 2jährige, unverschulte Sämlinge aus dem Forstgarten Grossmatt der ETH. Herkunft Zugerberg (möglicherweise ursprünglich Handelssaatgut).
- *Stieleiche*. 2jährige, unverschulte Sämlinge aus dem Forstgarten Grossmatt der ETH. Herkunft: Abteilung Gut des Lehrwaldes Albisriederberg.
- *Aspe*. 1jährige Sämlinge der Prov. 139 aus dem Lehrwald Albisriederberg.

Die *Grundwasserstände* wurden wie folgt geregelt (Tiefe unter der Bodenoberfläche):

Versuch 1. 40 und 100 cm.

Versuch 2. Im ersten Jahr einheitlich 90 cm; im zweiten und dritten Jahr 40 und 140 cm.

Versuch 3. 60 und 140 cm. Da die Versuchsanlage auch Herrn Prof. Dr. F. Richard für Evaporations- und Transpirationsversuche diente, wurden die Rohre in der Vegetationsperiode durch Blehmanschetten gegen die Niederschläge abgeschirmt.

Versuch 4. Im ersten Jahr bis Ende Juni 80 cm, nachher bis zum Ende der dritten Vegetationsperiode 30 und 170 cm.

Versuch 5. Im ersten Jahr bis Ende Juli 50 cm über der Profilschicht (bis zur Sandschicht). Nachher wurde der Wasserspiegel alle zwei Wochen abwechselnd um 25 cm gehoben bzw. wieder gesenkt.

Im Profil A umfasste die Hebung somit die ganze 20 cm dicke Lehm- schicht, während die 40 cm dicke Lehmschicht des Profiles B nur zur Hälfte unter den Wasserspiegel zu liegen kam, so dass für die unteren 20 cm der Lehmschicht gleiche Bedingungen wie beim Profil A vorhanden waren. Vom 1. Dezember bis 31. Januar wurde der Wasserspiegel jeweils unverändert 50 cm über den Profilschichten gehalten.

3. Die Versuchsauswertung

Während der laufenden Versuche wurde in der zweiten Vegetationsperiode bei den Pappelklonen 06.1 und 20.36 wöchentlich das Höhenwachstum gemessen, um auch einen eventuellen Unterschied in dessen jährlichem

Verlauf zu erfassen. Zur Bestimmung der Blattoberflächen und Blattmassen der Schwarz- und Weisserlen wurden bei den Versuchen 2 und 3 im zweiten und dritten Jahr jeweils am Ende der Vegetationsperiode das Fallaub gesammelt, wobei die Kronen der Probepflanzen vor dem Laubabfall mit einer Gaze überzogen wurden, um Blattverluste zu vermeiden.

Alle übrigen Messungen und Erhebungen konnten beim Versuchsabschluss ausgeführt werden.

Bei allen Versuchspflanzen wurden die absoluten Trockenmassen der Wurzeln getrennt nach Durchmesserklassen und mit Ausnahme von Versuch 5 auch die Trockenmassen der oberirdischen Teile bestimmt. Bei den Wurzeln wurden die folgenden Durchmesserklassen gebildet:

unter 3 mm («Feinwurzeln»)

3—5 mm

5—10 mm

über 10 mm («Grobwurzeln»).

Beim Versuch 5 wurden ausserdem die Feinwurzeln in zwei Klassen unterteilt:

Durchmesser unter 1 mm

und 1—3 mm.

Die mathematisch-statistische Auswertung erfolgte durch Herrn Dr. D. Rubli nach den für die einzelnen Versuche zulässigen Methoden. Die entsprechenden Unterlagen sind beim Institut hinterlegt. Wo nicht darauf hingewiesen wird, handelt es sich bei den im folgenden Abschnitt besonders hervorgehobenen Ergebnissen um statistisch stark oder sehr stark gesicherte Werte.

4. Die Versuchsergebnisse

Versuch 1. Das Verhalten von zwei Pappelklonen bei ungleichem Grundwasserstand.

Bei unseren mit anderen Baumarten durchgeführten Untersuchungen hatte sich erwiesen, dass der jährliche Verlauf des Höhenwachstums ein gutes Mittel zur Unterscheidung mancher Herkünfte darstellt. Deshalb wurde auch bei den untersuchten Pappelklonen 0.61 und 20.36 zwei Jahre lang wöchentlich das Höhenwachstum gemessen. Dabei zeigte sich in allen vier Versuchsserien kein Einfluss des Grundwasserstandes auf den Wachstumsverlauf. Die beiden Klone unterschieden sich dadurch, dass die Pflanzen des Klons 06.1 vom Beginn der Vegetationsperiode an ein grösseres Höhenwachstum aufgewiesen haben. Bemerkenswert ist dabei, dass sich bis anfangs Juli die Höhe des Grundwasserstandes auf das Höhenwachstum wenig ausgewirkt hat. Erst in der letzten Periode des jährlichen Höhenwachstums zeigte sich ein erheb-

licher Unterschied, indem sich die Wachstumskurve beim hohen Grundwasserstand ab Mitte Juli rasch abflachte, während das Höhenwachstum beim tiefen Wasserstand noch etwa drei Wochen länger dauerte.

Der zu hohe Grundwasserstand hat also bei beiden Sorten die Höhenwachstumsperiode merklich verkürzt.

In der folgenden Zusammenstellung sind die Unterschiede zwischen den angegebenen Mittelwerten mit Ausnahme der Trockengewichte der Wurzeln sehr stark oder stark gesichert.

Zusammenstellung 1 (Zuchtpappeln)

Merkmal	Einheit	Grundwasserstand			
		hoch (40 cm)		tief (100 cm)	
		Klon 06.1	Klon 20.36	Klon 06.1	Klon 20.36
Trockenmasse der oberirdischen Teile	g	50,55	69,85	61,22	76,55
Trockenmasse der Wurzeln	g	38,09	32,41	43,52	44,01
Trockenmasse der Zweige	g	5,85	12,01	7,27	14,71
Triebblängen	cm	158,2	146,9	167,5	158,5

Beim tiefen Grundwasserstand sind bei beiden Klonen alle Werte höher, wobei sie sich in der prozentualen Erhöhung nicht wesentlich unterscheiden. Die Reaktion der beiden Klone auf die Unterschiede des Grundwasserstandes erfolgte im gleichen Sinne. Es ist somit fragwürdig, ob sich der Klon 06.1 für Trockenstandorte, der Klon 20.36 für Nassstandorte tatsächlich besser eignet. Die mutmassliche Beurteilung der beiden Klone beruhte einzig darauf, dass der Baum 20.36, von dem ursprünglich die Stecklinge gewonnen wurden, auf einem frischen Boden, der Baum 06.1 dagegen auf einem verhältnismässig trockenen Kiesboden stockten. Obwohl die Ergebnisse eines kurzfristigen Versuches mit Jungpflanzen die langfristige Standortseignung zweifellos nicht zu beurteilen erlauben, ist nicht zu erwarten, dass bei älteren Bäumen die physiologischen Eigenschaften der für die Ernährung und Wasserversorgung wichtigen Feinwurzeln grundlegend anders wären. Standortseignungen natürlicher Baumpopulationen sind in langer Zeit durch das Zusammenwirken verwickelter Evaluationsfaktoren entstanden, so dass weitgehend auf ihre Eignung für bestimmte Standorte geschlossen werden kann. Bei Zuchtpappeln handelt es sich dagegen ausschliesslich um Anbauten, welche zwar die Beurteilung ihrer Tauglichkeit für den Anbaustandort erlauben, über deren ökologische Valenz für andere Standorte aber wenig auszusagen vermögen.

Der vorliegende Versuch bestätigt, dass bei Zuchtpappeln Bezeichnungen wie «Nass- und Trockenpappel» zumeist höchstens auszusagen vermögen,

dass sich ein Klon auf einem bestimmten Standort geeignet hat. Ob er sich aber für einen anderen Standort sogar besser eignen und mit Vorteil durch einen anderen Klon ersetzt würde, bleibt ungewiss. Hierüber vermag nur der langfristige und vergleichende Anbauversuch auf verschiedenen Standorten zu entscheiden.

Versuche 2 und 3. Das Wachstum und die Ausbildung des Wurzelwerkes von Schwarz- und Weisserlen.

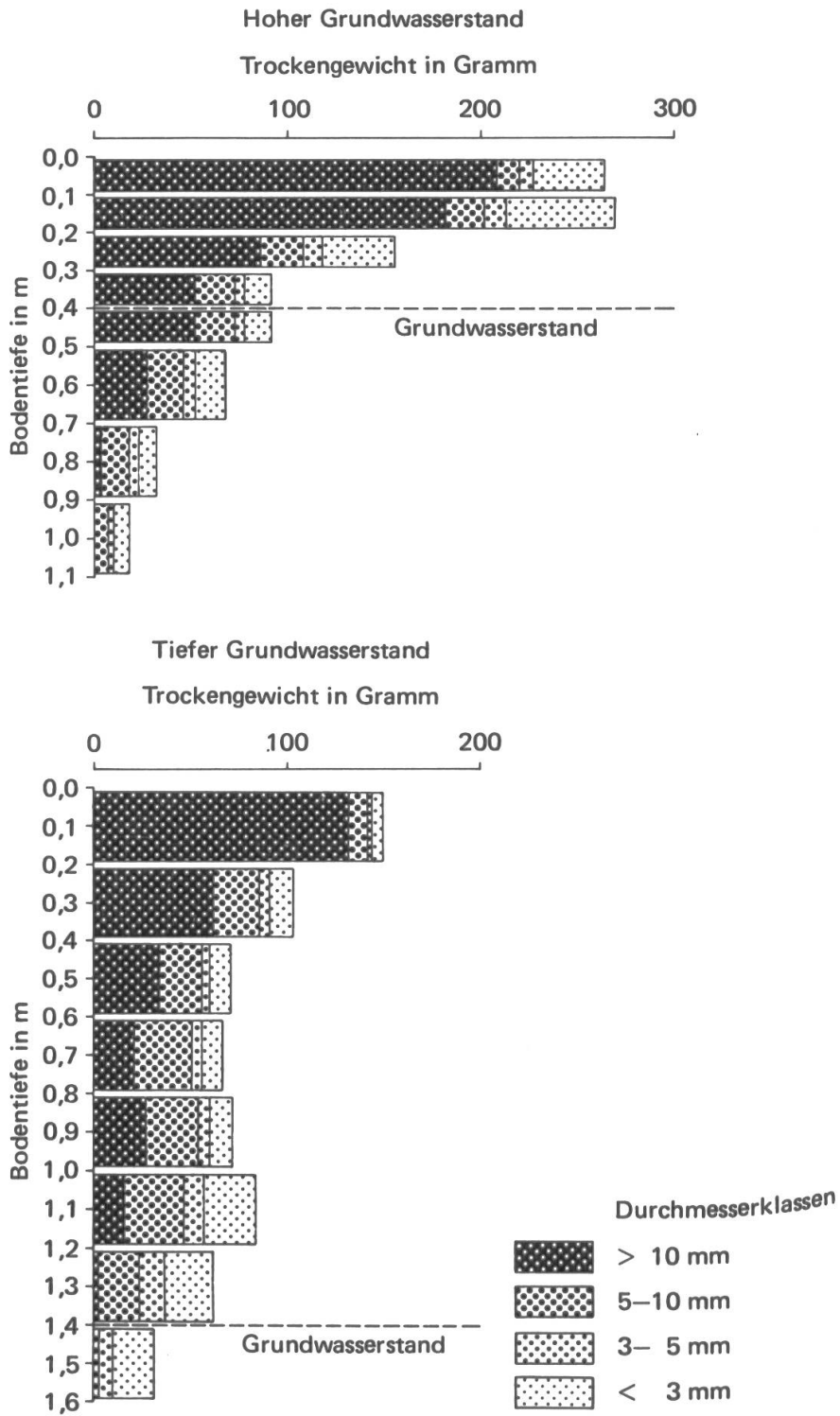
Der Versuch mit Schwarzerlen ergab mit Ausnahme des Höhentriebes 1960 beim tiefen Grundwasserstand allgemein etwas grössere Wachstumsleistungen, die jedoch statistisch nicht gesichert sind. Gesichert sind allein die durch die beiden Grundwasserstände bewirkten Unterschiede der Blattflächen, Blatt-Trockengewichte und Längen der Höhentriebe 1960. Beim tiefen Grundwasserstand sind die Blattflächen um 22 %, diejenigen der Blatt-Trockengewichte um 24 % grösser. Trotz diesen Unterschieden sind die Trockengewichte der oberirdischen Teile (ohne Blätter) beim tiefen Wasserstand nur um 4 % und diejenigen der Wurzeln um 16 % grösser.

Wie die Zusammenstellung 2 und die Darstellung 2 zeigen, ergaben sich tendenzmässig eindeutige Unterschiede nach Bewurzelungstiefe und Verteilung des Wurzelwerkes.

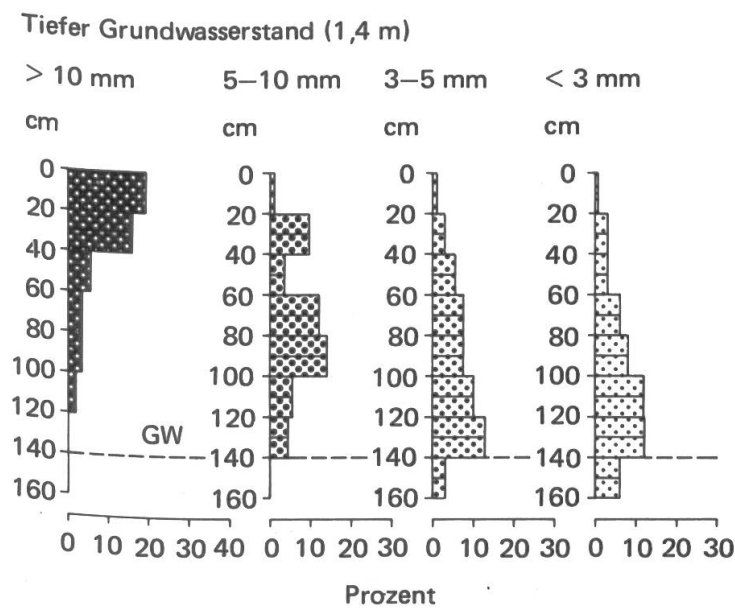
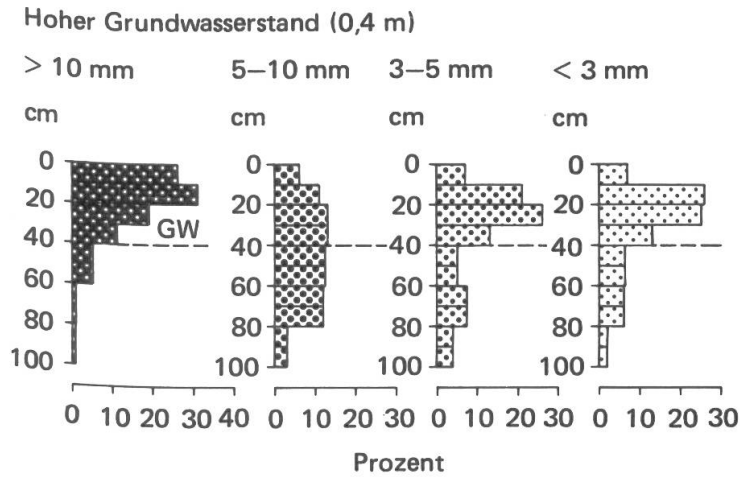
Zusammenstellung 2 (Schwarzerlen)

Merkmal	Einheit	Grundwasserstand	
		hoch (40 cm)	tief (140 cm)
Länge des Höhentriebes 1960	cm	101,0	67,4
Trockengewicht oberirdische Teile ohne Blätter			
Durchmesser unter 5 mm	g	223,6	241,4
Durchmesser über 5 mm	g	1176,1	1215,2
Total	g	1399,7	1456,6
Trockengewicht Wurzeln			
Durchmesser unter 3 mm	g	227,19	252,58
Durchmesser über 3 mm	g	878,55	1026,93
Total	g	1105,74	1279,51
Blattoberfläche einseitig Mittel 1959 und 1960	dm ²	110,84	135,45
Trockengewicht Blätter Mittel 1959 und 1960	g	36,87	45,82

Beim hohen Grundwasserstand (0,4 m) ist eine starke Anhäufung der Feinwurzeln unmittelbar über dem Wasserstand festzustellen. Ein dichtes Wurzelwerk reicht bis in eine Tiefe von etwa 80 cm, also etwa 40 cm unter den Wasserspiegel. Einzelne Wurzeln waren auch noch in einer Tiefe von 1,1 m vorhanden.



Darstellung 2. Die Verteilung der Wurzelmasse der Schwarzerlen nach Bodentiefen



Darstellung 3. Prozentuale Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes der Schwarzerlen nach Bodentiefen, aufgeteilt auf die einzelnen Durchmesserklassen

Beim tiefen Grundwasserstand (1,4 m) reicht die ziemlich gleichmäßig über alle Bodenschichten verteilte Bewurzelung bis zur Profilsohle. Grobwurzeln mit einem Durchmesser über 1 cm waren beim hohen Wasserstand noch in einer Tiefe von 90 cm vorhanden, beim tiefen Wasserstand in 1,4 m.

Der prozentuale Anteil der Wurzeln mit einem Durchmesser unter 3 mm ist bei beiden Grundwasserständen mit 20 % gleich. Dagegen unterscheidet sich die Verteilung der einzelnen Durchmesserklassen auf die Bodenschichten wesentlich (Darstellung 3): Die Grobwurzeln besetzen hauptsächlich die oberste Bodenschicht, während bei den Wurzeln mit einem Durchmesser unter 5 mm eine starke Anhäufung unmittelbar über dem Grundwasser-niveau besteht.

Der Versuch zeigt eine grosse Anpassungsfähigkeit der Schwarzerle an die Grundwasserverhältnisse und die Bodentiefe. Im Mittel ergab sich beim hohen Grundwasserstand pro Liter Boden eine Feinwurzelmasse von 1,64 g, beim tiefen Grundwasserstand von 1,26 g. Für die Wurzeln mit einem Durchmesser über 3 mm betragen die entsprechenden Werte 6,37 g und 5,11 g.

Das Verhältnis der Trockenmasse der oberirdischen Teile zu derjenigen der Wurzeln beträgt beim hohen Grundwasserstand 1,3, beim tiefen 1,1. Der Anteil der Wurzeln an der Gesamtmasse ist also auffallend gross.

Beim *Versuch 3 mit Weisserlen* ist bei der Auslegung der Ergebnisse zu berücksichtigen, dass die Pflanzen in der Vegetationsperiode ausschliesslich durch Grundwasser versorgt wurden, indem die Niederschläge aus den früher erwähnten Gründen abgeschirmt waren. Da im Versuchsboden das Kapillarswasser höchstens 40 cm angestiegen sein dürfte und auch das Filmwasser beim tiefen Grundwasserstand die obersten Bodenschichten kaum erreicht hat, ist anzunehmen, dass die Erlen wenigstens anfänglich unter Wassermangel gelitten haben. Dies dürfte erklären, weshalb, wie aus der Zusammenstellung 3 hervorgeht, beim hohen Grundwasserstand längere Höhentriebe, grössere Blattmassen und grössere Trockengewichte der oberirdischen Teile und Wurzeln erzeugt wurden.

Zusammenstellung 3 (Weisserlen)

Merkmal	Einheit	Grundwasserstand	
		hoch 60 cm	tief 140 cm
Scheitelhöhe	cm	345	313
Trockengewicht der oberirdischen Pflanzenteile (ohne Blätter)	g	986	571
Blattoberfläche (einseitig)	dm ²	649	405
Trockengewicht der Blätter	g	315	199
Trockengewicht der Wurzeln	g	429	324

Das Verhältnis der Trockenmasse der oberirdischen Pflanzenteile zu derjenigen der Wurzeln beträgt beim hohen Grundwasserstand 2,3, beim tiefen 1,8. Es ist also wesentlich höher als bei den Schwarzerlen. Im Mittel wurden beim hohen Grundwasserstand bei den Weisserlen pro Liter Boden eine Feinwurzelmasse von 3,4 g, beim tiefen Wasserstand von 1,8 g festgestellt. Für die Wurzeln mit einem Durchmesser über 3 mm betragen die entsprechenden Werte 4,3 und 1,3 g. Die Schwarzerle hat somit beim hohen Grundwasserstand eine um 72 % und beim tiefen Grundwasserstand um 58 % grössere Gesamtwurzelmasse pro Liter Boden gebildet. Diese Unterschiede sind um so beträchtlicher, als die Weisserlen ein Jahr älter waren. Da die Wurzeln nicht gleichmässig über den ganzen Wurzelraum verteilt sind, haben die Angaben der durchschnittlichen Wurzelmasse pro Liter Boden selbstverständlich nur einen Vergleichswert.

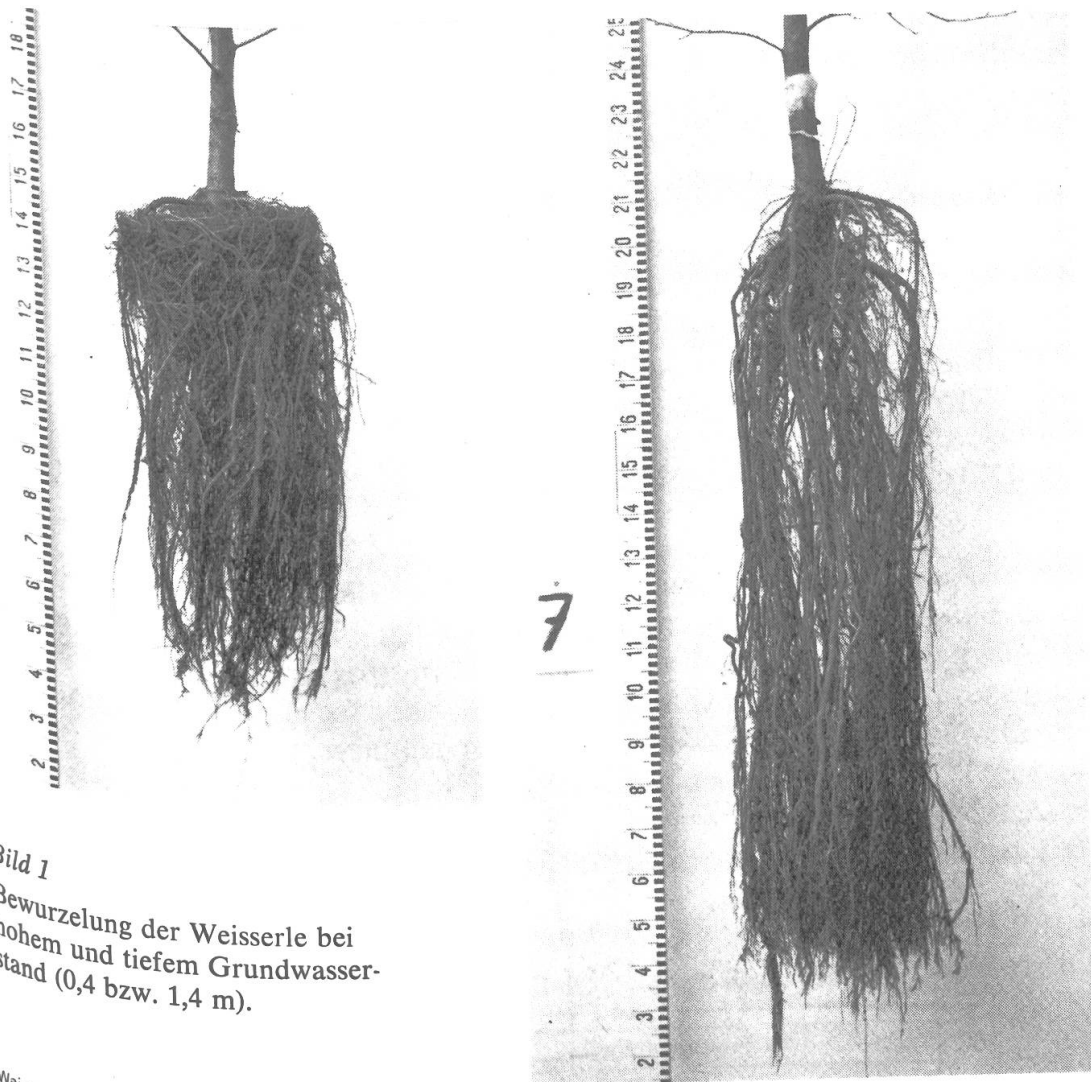
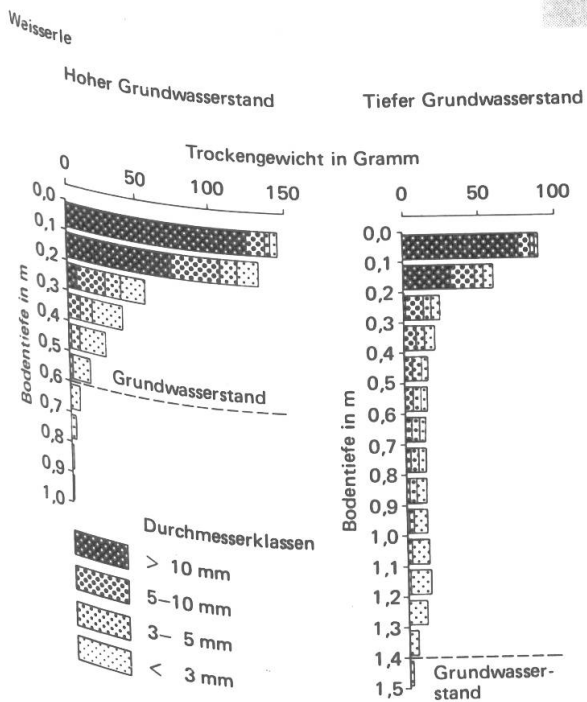
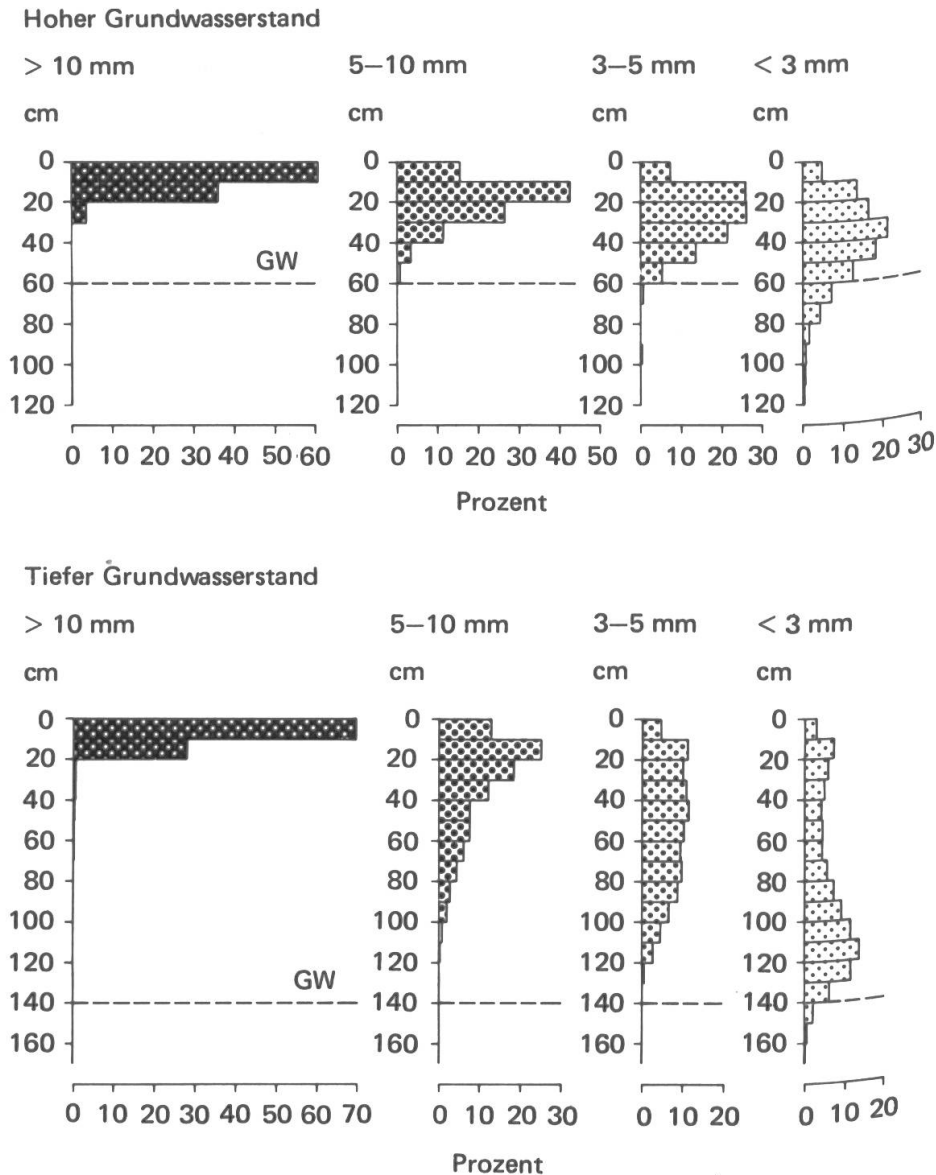


Bild 1
Bewurzelung der Weisserle bei
hohem und tiefem Grundwasser-
stand (0,4 bzw. 1,4 m).



Darstellung 4.
Verteilung der Wurzelmasse
der Weisserlen nach Bodentiefen



Darstellung 5. Prozentuale Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes der Weisserlen nach Bodentiefen, aufgeteilt auf die einzelnen Durchmesserklassen

Über die Verteilung der Wurzelmasse auf die Bodenschichten geben die Darstellungen 4 und 5 Auskunft. Daraus geht hervor, dass Grobwurzeln mit einem Durchmesser über 1 cm praktisch nur in den obersten 20 cm vorhanden waren, während die Feinwurzeln mit einem Durchmesser unter 3 mm unmittelbar über dem Grundwasserspiegel gehäuft sind.

Versuch 4. Wachstum und Wurzelbildung von Aspe, Balsampappel und Zuchtpappel bei verschiedenem Grundwasserstand

Der Versuch verfolgte einen doppelten Zweck: Er sollte einerseits über das Verhalten der drei Baumarten bei zwei verschiedenen Grundwasser-

ständen Aufschluss geben, andererseits aber auch gegenseitige Vergleiche ermöglichen. Dabei bot vor allem die Ausbildung des Wurzelwerkes ein Interesse, denn bei der nur kurzen Versuchsdauer wären bei den Wuchsleistungen der oberirdischen Teile kaum wesentliche Ergebnisse erzielt worden.

Um so mehr, als es sich um drei Baumarten handelt, welche sich erfahrungsgemäss in ihren ökologischen Ansprüchen deutlich unterscheiden, waren entsprechende Unterschiede in der Wurzelbildung zum voraus zu erwarten. Dies hat sich in den Versuchsergebnissen bestätigt. Alle aus der Zusammenstellung 4 hervorgehenden Unterschiede sowohl zwischen den Baumarten, als für die einzelnen Arten auch zwischen den beiden Grundwasserständen sind mit Ausnahme der Gesamtgewichte der Aspenwurzeln und der gesamten Wurzelmassen der einzelnen Baumarten stark oder sehr stark statistisch gesichert.

Die *Trockengewichte* aller oberirdischen Teile, der Stämmchen, Äste und Zweige sowie der Wurzeln mit einem Durchmesser über 3 mm sind beim tiefen Grundwasserstand grösser. Dagegen ist die Masse der Feinwurzeln bei allen drei Baumarten beim hohen Grundwasserstand absolut und prozentual grösser, so dass in der Gesamtmasse der Wurzeln keine oder nur schwach gesicherte Unterschiede bestehen. Das Verhältnis der oberirdischen Trockenmasse zur Wurzelmasse ist beim tiefen Grundwasserstand grösser, mit Ausnahme bei der Balsampappel. Bei dieser ergaben sich keine gesicherten Unterschiede.

Zusammenstellung 4 (Aspe, Balsampappel, Zuchtpappel)

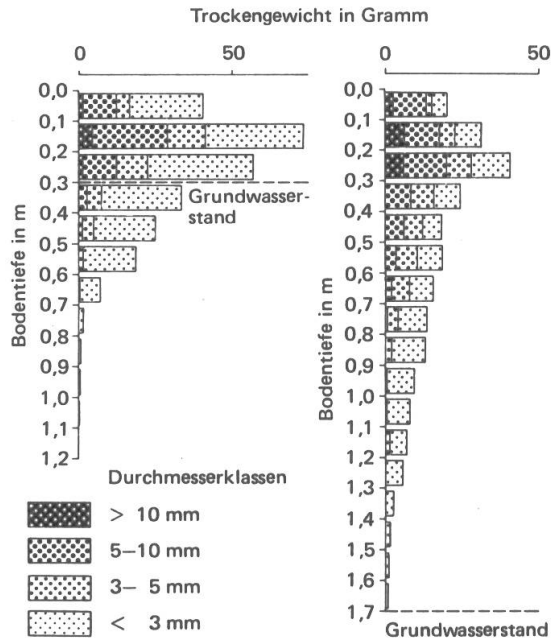
Trockengewichte g	Aspe		Balsampappel		Zuchtpappel	
	Grundwasserstand					
	hoch	tief	hoch	tief	hoch	tief
Stamm						
Äste und Zweige	248	279	685	758	581	872
Blätter	89	116	214	272	153	271
Wurzeln unter 3 mm Durchmesser	91	126	195	236	181	324
Wurzeln über 3 mm Durchmesser	155	113	178	153	330	190
Wurzeln total	95	121	187	272	235	286
	250	234	365	425	565	476

Der prozentuale Anteil der Wurzeln mit einem Durchmesser unter 3 mm ist bei der Aspe am grössten und am kleinsten bei der Balsampappel. Er beträgt bei der Aspe beim hohen Grundwasserstand 62 %, beim tiefen 48 %, bei der Zuchtpappel 58 bzw. 40 % und bei der Balsampappel 49 bzw. 36 %.

Die Darstellungen 6—8 zeigen, dass beim tiefen Grundwasserstand alle drei Baumarten, also auch die Aspe, Wurzeln bis zur Profilsohle ausgebildet

Aspe

Hoher Grundwasserstand (0,3 m) Tiefer Grundwasserstand (1,7 m)

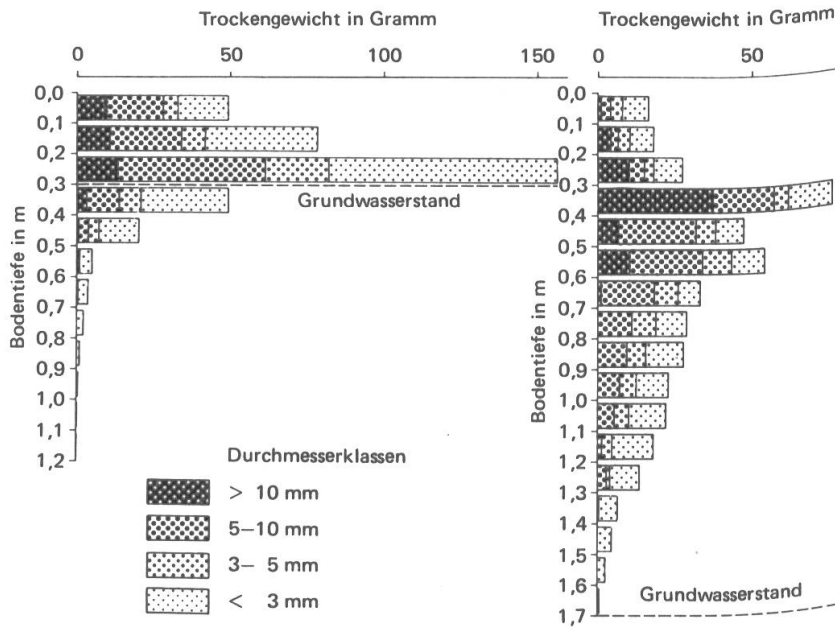


Darstellung 6. Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes nach Bodentiefen und Durchmesserklassen

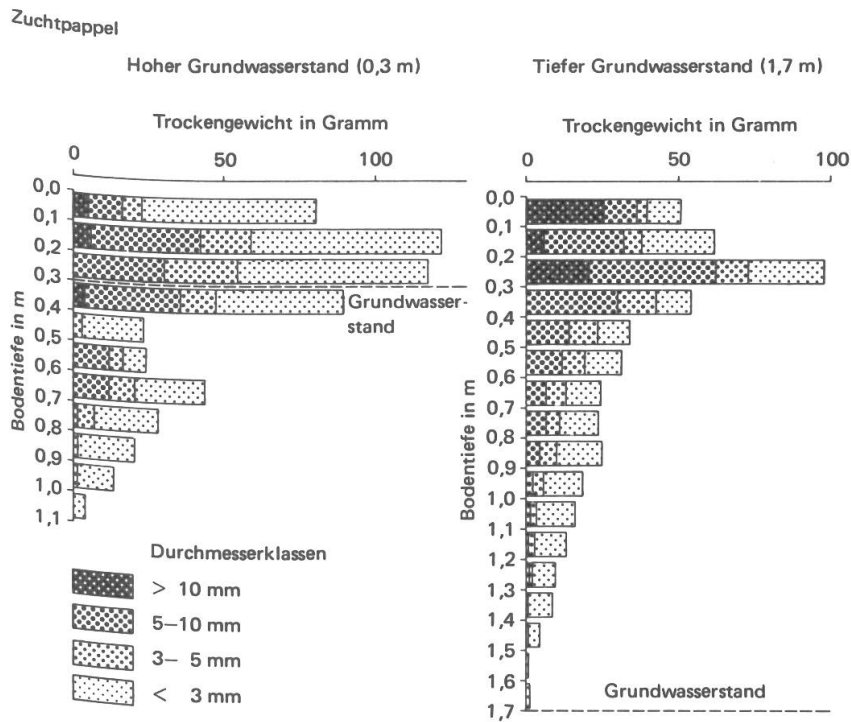
Balsampappel

Hoher Grundwasserstand (0,3 m)

Tiefer Grundwasserstand (1,7 m)



Darstellung 7. Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes nach Bodentiefen und Durchmesserklassen



Darstellung 8. Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes nach Bodentiefen und Durchmesserklassen

haben. Beim hohen Wasserstand entfällt von den Feinwurzeln (Durchmesser unter 3 mm) durchwegs der grösste Teil auf die nur 30 cm umfassende Bodenschicht über dem Grundwasserstand (Aspe 58 %, Balsampappel 71 % und Zuchtpappel 55 %). Von der Wasseroberfläche bis in eine Tiefe von 20 cm wurden von der Aspe 30 % der Feinwurzeln gebildet, von der Balsampappel 23 % und der Zuchtpappel 19 %. Der 50 cm Tiefe umfassende Wurzelraum von der Bodenoberfläche bis 20 cm unter dem Wasserniveau enthält somit bei der Zuchtpappel 74 % der Feinwurzeln, bei der Aspe 88 % und bei der Balsampappel sogar 94 %.

Beim tiefen Grundwasserstand enthalten die obersten 30 cm bei der Aspe 23 % der Feinwurzeln, bei der Balsampappel 17 % und bei der Zuchtpappel 26 %. Auf die obersten 50 cm des Wurzelraumes entfallen somit 36 % der Feinwurzeln der Aspe, 32 % der Balsampappel und 32 % der Zuchtpappel.

Der Unterschied der Prozentzahlen des hohen und tiefen Grundwasserstandes zeigt die stark verschiedenen ökologischen Ansprüche der drei Baum-

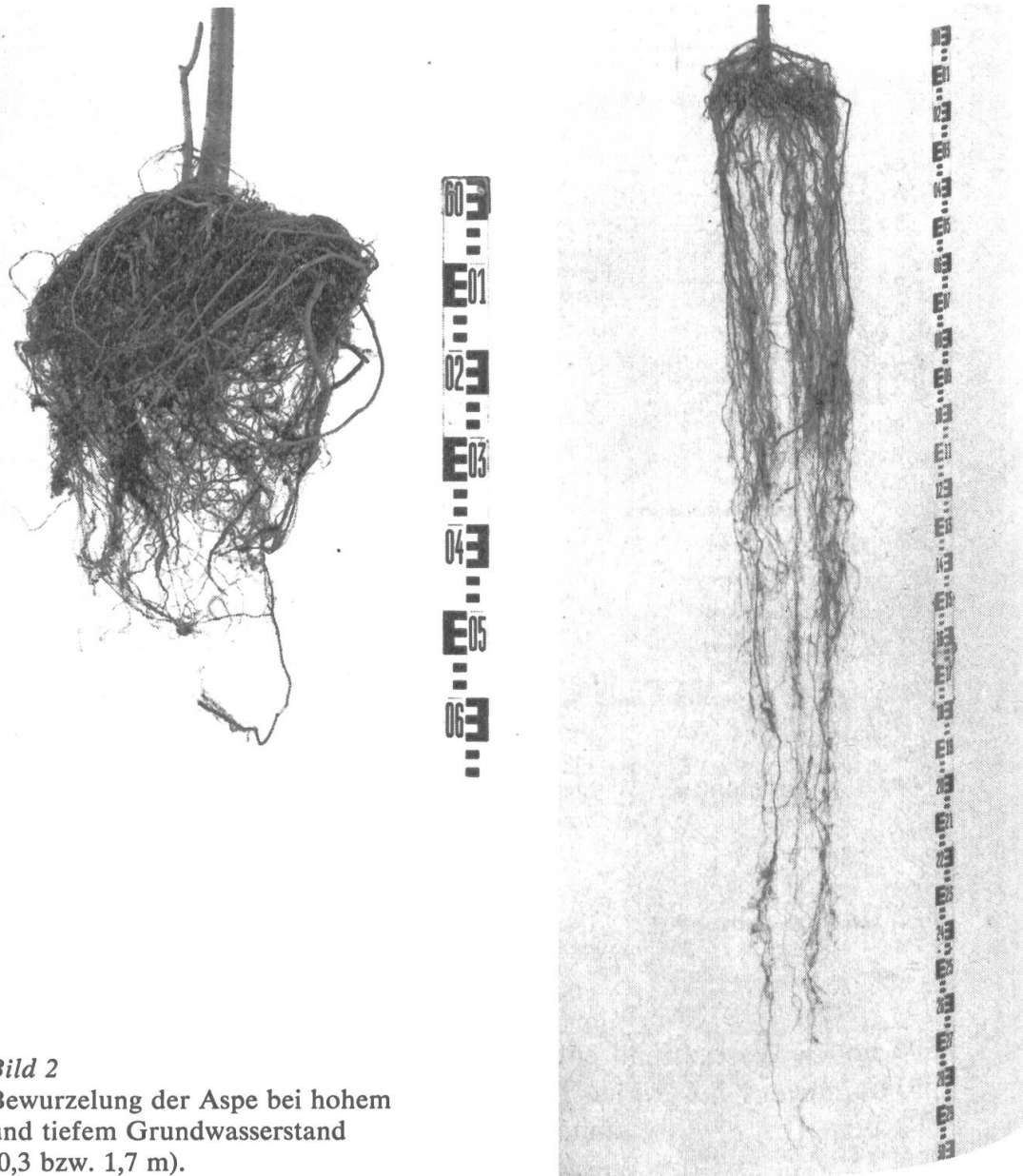
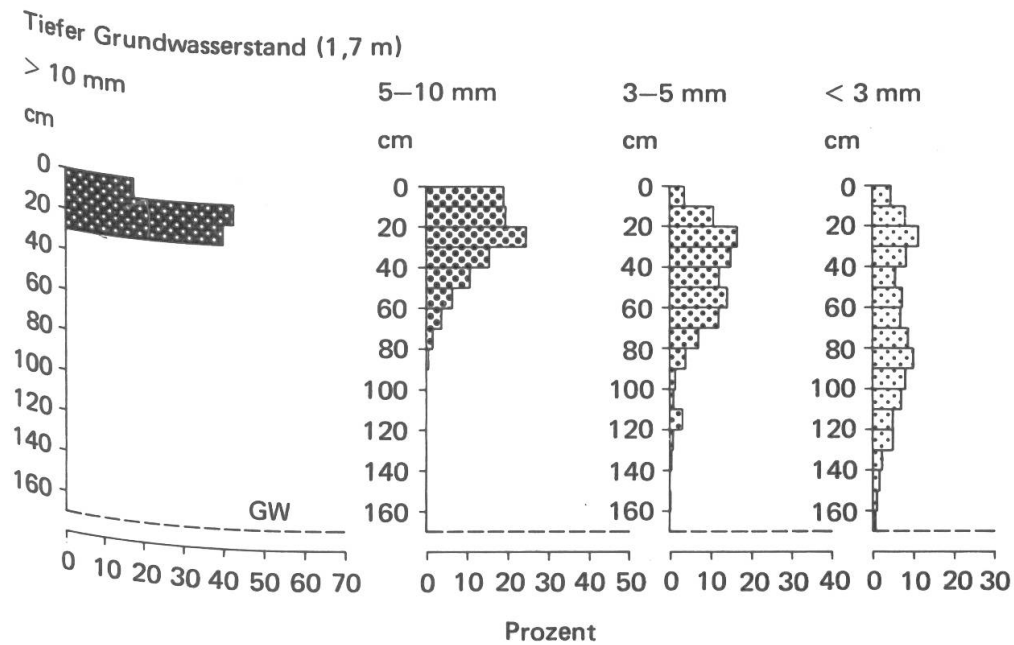
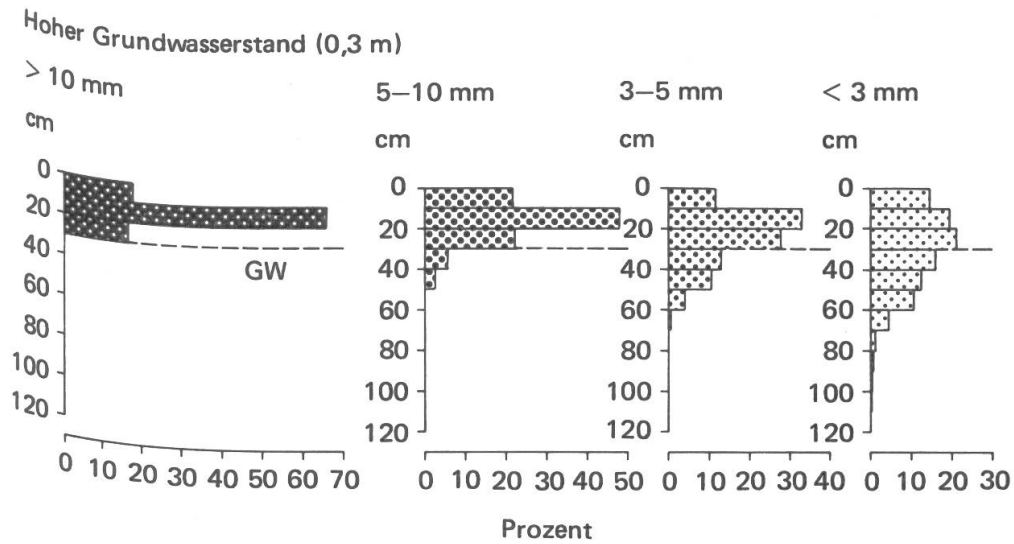


Bild 2
 Bewurzelung der Aspe bei hohem
 und tiefem Grundwasserstand
 (0,3 bzw. 1,7 m).

arten. Am stärksten sind die Feinwurzeln der Balsampappel auf den Horizont über dem Grundwasser konzentriert, am wenigsten, wenn auch noch sehr ausgeprägt, bei der Zuchtpappel.

Die Wurzeln mit einem Durchmesser über 3 mm besetzen bei allen drei Baumarten beim hohen Grundwasserstand die darüberliegende Bodenschicht (Aspe 85 %, Balsampappel 84 %, Zuchtpappel 58 %). Bei den Grobwurzeln über 10 mm Durchmesser ist dies noch ausgesprochener der Fall (Aspe 100 %, Balsampappel 89 %, Zuchtpappel 75 %).

Beim tiefen Grundwasserstand besetzen bei der Aspe und Zuchtpappel immer noch etwa die Hälfte der Wurzeln über 3 mm Durchmesser die ober-



Darstellung 9. Prozentuale Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes der Aspen nach Bodentiefen, aufgeteilt auf die einzelnen Durchmesserklassen

sten 30 cm (Aspe 54 %, Zuchtpappel 53 %), während bei der Balsampappel der Anteil nur noch 13 % beträgt.

Auch mit den Grobwurzeln über 10 mm Durchmesser hat allein die Balsampappel die tieferen Bodenschichten besetzt.

Gesamthaft ist festzustellen, dass die Aspe in jedem Fall verhältnismässig flach gewurzelt hat, während die offenbar auf hohem Grundwasserstand empfindliche Balsampappel bei tiefem Grundwasserstand verhältnismässig tief wurzelt. Dies geht auch aus den Darstellungen 6—11 hervor.

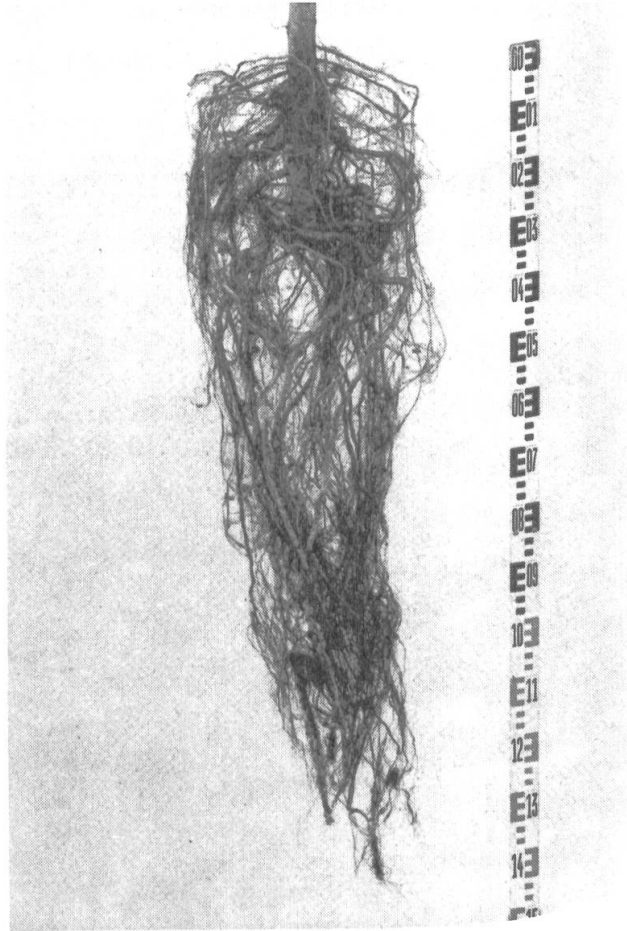
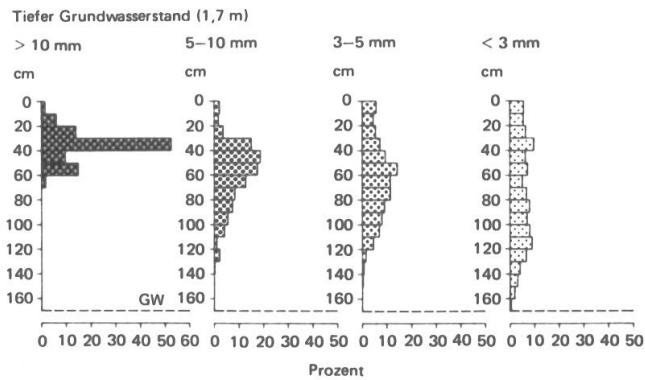
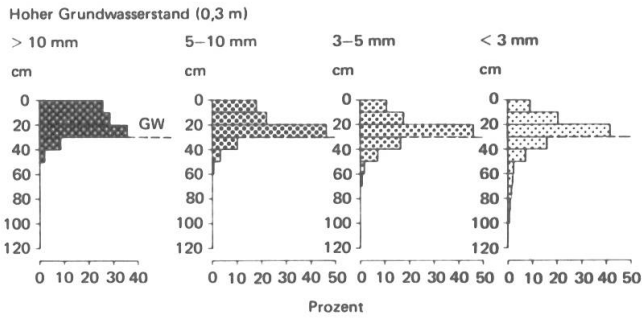


Bild 3
 Bewurzelung der Balsampappel
 bei hohem und tiefem Grund-
 wasserstand (0,3 bzw. 1,7 m).



Darstellung 10
 Prozentuale Verteilung des
 Wurzel-Trockengewichtes der
 Balsampappeln nach Boden-
 tiefen, aufgeteilt auf die
 einzelnen Durchmesserklassen

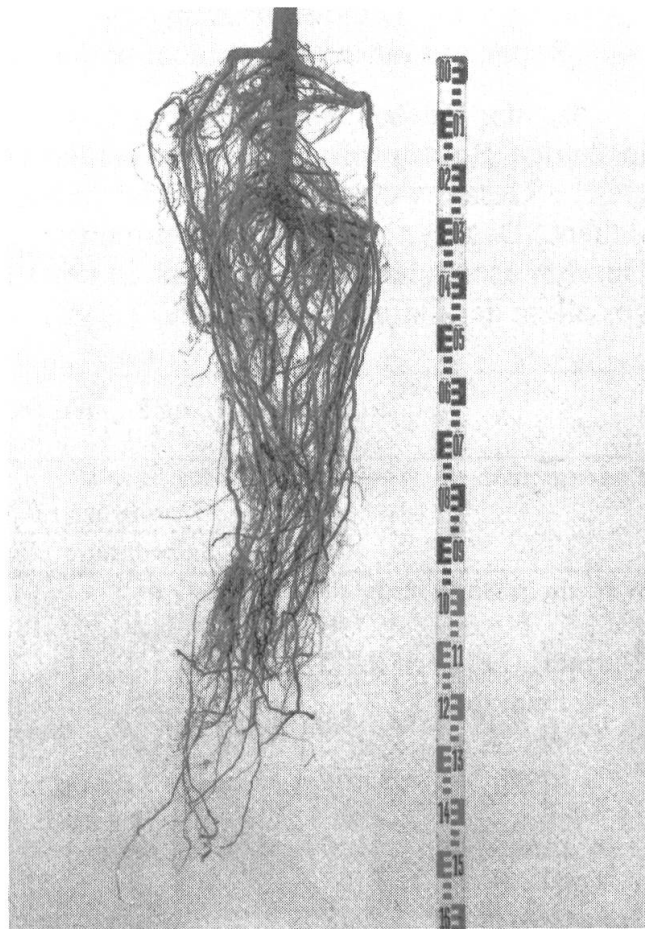
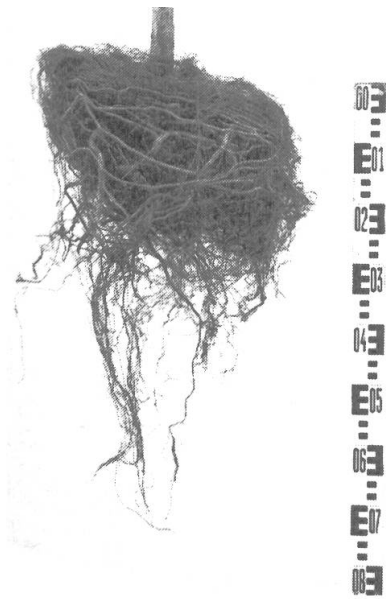
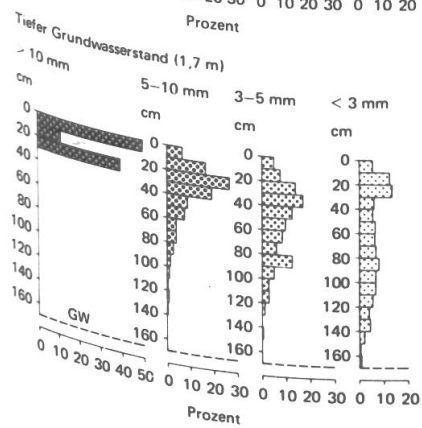
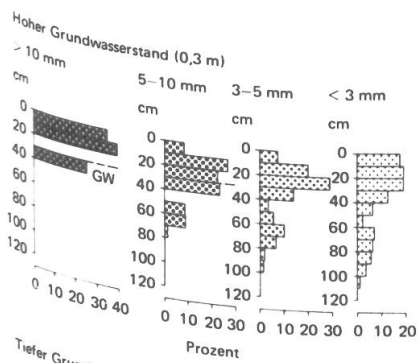


Bild 4
Bewurzelung der Zuchtpappel bei hohem und tiefem Grundwasserstand (0,3 bzw. 1,7 m).



Darstellung 11
Prozentuale Verteilung des Wurzel-Trockengewichtes der Zuchtpappeln nach Bodentiefen, aufgeteilt auf die einzelnen Durchmesserklassen

Versuch 5. Die Bewurzelung von Schwarzerle und Stieleiche in einem Boden mit einer Lehmschicht und wechselndem Grundwasserstand.

Aus der Zusammenstellung 5 geht vorerst hervor, dass beide Baumarten in beiden Bodenprofilen und bei beiden Grundwasserständen praktisch die gleiche Gesamtwurzelmasse gebildet haben. Die Unterschiede sind nicht gesichert. Dagegen bestehen wesentliche Unterschiede in den Anteilen der Durchmesserstufen, zum Teil auch in der Verteilung nach der Bodentiefe und vor allem der Durchwurzelung der Lehmschicht.

Zusammenstellung 5. Wurzel-Trockengewicht g

Bodenschicht	Tiefe cm	Profil A Grundwasser 0.60 / 0.35		Profil B Grundwasser 1.15 / 0.90	
		Schwarzerle	Eiche	Schwarzerle	Eiche
		Wurzeln in Gartenerde	0—35	847,6	944,2
	0—70			749,9	936,0
Wurzeln in Lehmschicht	35—55				
< 1 mm ϕ		25,5	18,6		
Total		95,1	28,3		
< 1 mm ϕ	70—90			23,9	17,2
Total				103,2	28,6
< 1 mm ϕ	90—110			17,2	5,5
Total				84,9	28,3
Gartenerde und Lehmschicht					
< 1 mm	0—55	173,5	147,6		
Total	0—55	942,7	972,5		
< 1 mm	0—115			162,9	156,3
Total	0—115			938,0	992,0

In beiden Bodenprofilen weist die Stieleiche in der Gartenerdschicht eine etwas grössere Wurzelmasse als die Schwarzerle auf. In den Lehmschichten dagegen ist die Wurzelmasse der Schwarzerle mehr als dreimal grösser, wie die Zusammenstellung 6 zeigt:

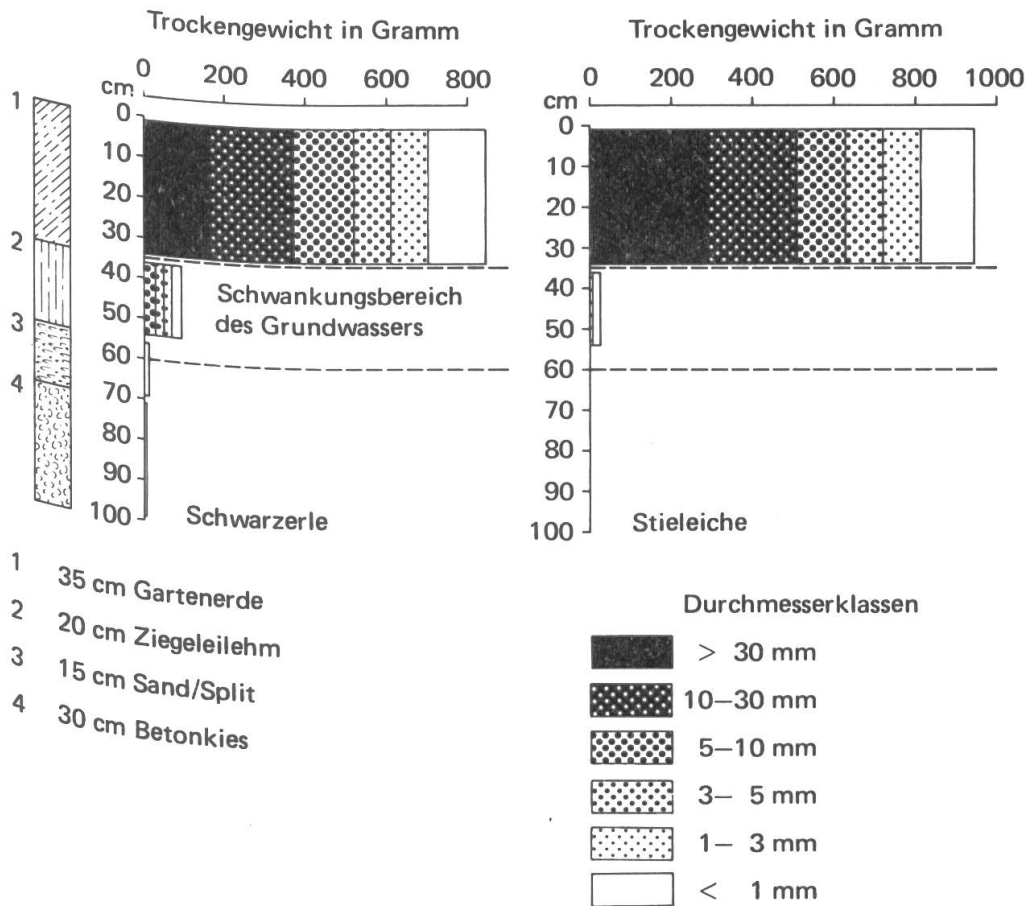
Zusammenstellung 6. Prozentualer Anteil der Wurzelmasse der Lehmschicht an der Gesamtmasse der Wurzeln

Profil A (20 cm dicke Lehmschicht)		Profil B (40 cm dicke Lehmschicht)	
Schwarzerle	10,1 %	Obere 20 cm	11,0 %
		Untere 20 cm	9,0 %
		Total	20,0 %
Stieleiche	2,9 %	Obere 20 cm	2,9 %
		Untere 20 cm	2,8 %
		Total	5,7 %

Die Wurzeln in der Lehmschicht verteilen sich wie folgt auf die Durchmesserstufen:

Zusammenstellung 7. Prozentuale Verteilung der Wurzeln in der Lehmschicht nach Durchmesserstufen

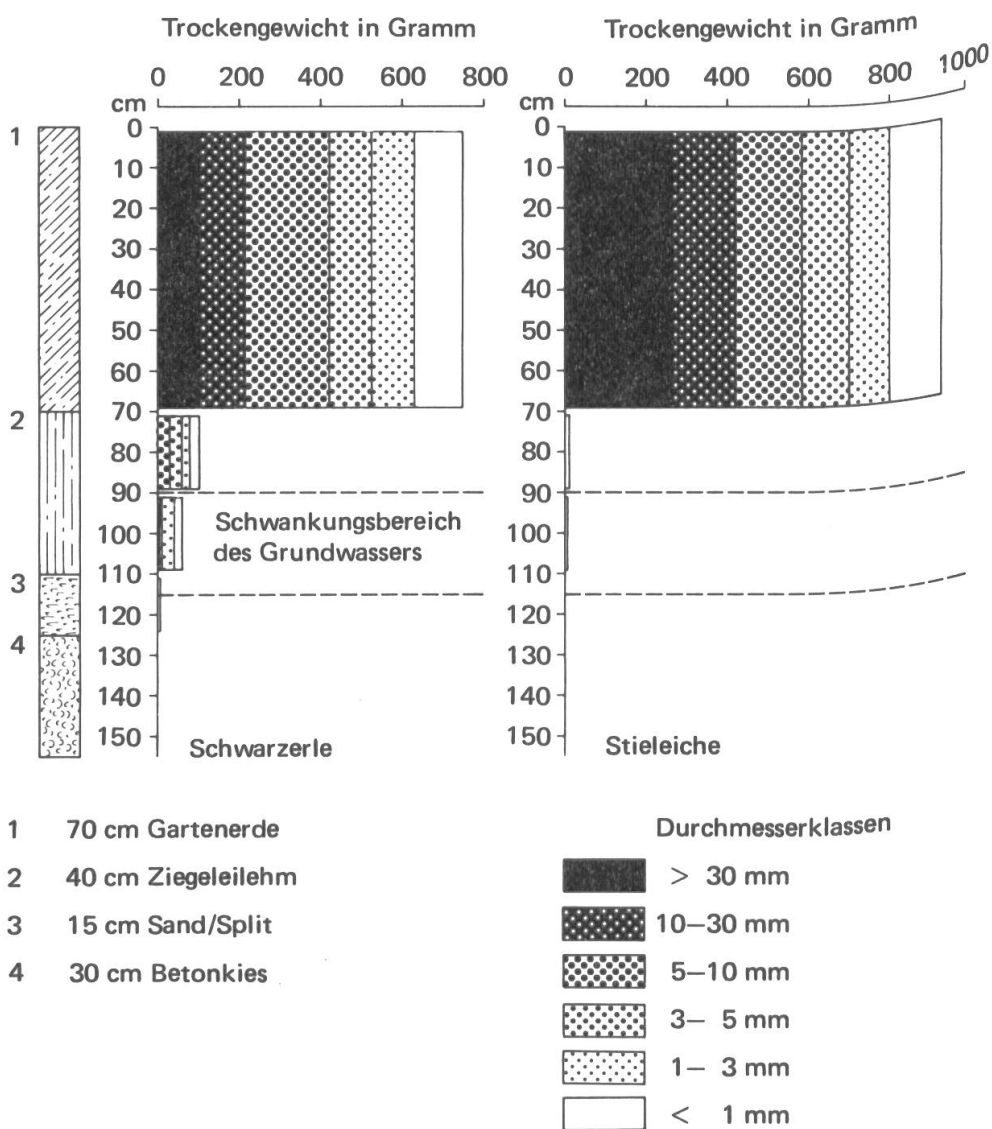
Durchmesserstufe	Schwarzerle		Stieleiche			
	Lehmschicht		Lehmschicht		Lehmschicht	
	20 cm	40 cm	20 cm	40 cm		
	obere 20 cm	untere 20 cm	obere 20 cm	untere 20 cm		
Unter 1 mm	27	23	29	66	60	74
1 bis 3 mm	22	20	34	20	35	26
3 bis 5 mm	22	27	26	10	5	—
5 bis 10 mm	24	30	11	4	—	—
10 bis 30 mm	5	—	—	—	—	—



Darstellung 12

Bodenprofil A
Verteilung der Wurzeltrockengewichte nach Durchmesserklassen und Bodenhorizonten

Während die Schwarzerle in der 20 cm dicken Lehmschicht des Profiles A noch bis 30 mm dicke Wurzeln zu bilden vermochte, waren die dicksten Eichenwurzeln nur bis 10 mm dick. Noch deutlicher zeigt sich die geringere Fähigkeit der Stieleiche, mit dem Wurzelwerk eine bindige Lehmschicht im Grundwasserbereich zu durchdringen, beim Profil B mit der 40 cm dicken Lehmschicht. Während die Schwarzerle in dieser auch noch die untere Hälfte mit bis 10 mm dicken Wurzeln zu durchdringen vermochte, weist dort die Stieleiche noch höchstens 3 mm dicke Wurzeln auf. Das ungleiche Verhalten der beiden Baumarten geht auch aus den Darstellungen 12 und 13 hervor.



Darstellung 13

Bodenprofil B

Verteilung der Wurzeltrockengewichte nach Durchmesserklassen und Bodenhorizonten

Die in der Lehmschicht enthaltenen Wurzelmenen mögen gewichtsmässig auch bei der Schwarzerle als gering erscheinen. Wenn wir jedoch die Wurzellängen pro Liter Boden berechnen, ergeben sich erstaunlich hohe Werte. In der Zusammenstellung 8 sind die Trockenmassen pro Liter Boden angegeben, in der Zusammenstellung 9 die errechneten Wurzellängen pro 1 g Trockenwurzelmasse bei verschiedenen Wurzeldurchmessern und in Zusammenstellung 10 die errechneten Wurzellängen pro Liter Boden.

Zusammenstellung 8. Trocken-Wurzelmasse pro Liter Boden

Profil	Baumart	Erde	Lehm
A	Schwarzerle	19,3 g	3,8 g
	Stieleiche	21,5 g	1,1 g
B	Schwarzerle	8,5 g	1,7 g
	Stieleiche	12,6 g	0,6 g

Zusammenstellung 9. Errechnete Wurzellängen in m

Wurzeldurchmesser	Wurzellänge pro 1 g
0,5 mm	12,7 m
1 mm	3,2 m
2 mm	0,8 m
3 mm	0,4 m



Bild 5. Bewurzelung der Schwarzerle bei hohem Wasserstand und tiefem Grundwasserstand (0,6 bzw. 1,4 m) und einer Lehmschicht in 35 bzw. 70 cm Tiefe.

Zusammenstellung 10. Errechnete Gesamt-Wurzellänge in m pro Liter Boden

Bodenschicht	Schwarzerle		Stieleiche					
	Profil A		Profil B		Profil A		Profil B	
	<1 mm	1-3 mm	<1 mm	1-3 mm	<1 mm	1-3 mm	<1 mm	1-3 mm
Erdschicht	41,6	1,7	21,6	1,2	37,2	1,7	24,2	1,2
Lehmschicht:								
obere 20 cm	12,9	0,6	12,1	0,6	9,4	0,2	8,6	0,3
untere 20 cm	—	—	8,8	0,6	—	—	2,8	0,1

Die berechneten Gesamtwurzellängen dürften nur nach der Grössenordnung stimmen, da die spezifischen Gewichte der Wurzeln verschiedener Durchmesser nicht bekannt sind und zudem für eine genaue Berechnung eine viel feinere Unterteilung nach Wurzelstärken unerlässlich wäre. Trotzdem sind einige aufschlussreiche Feststellungen möglich:

Die Schwarzerle hat in der Lehmschicht des Profiles A und in der oberen Lehmschicht des Profiles B ohne Unterschied der verschiedenen mächtigen darüberliegenden Erdschicht die gleichen Wurzellängen gebildet. Dies gilt nach der Grössenordnung auch für die Stieleiche. In der Erdschicht weisen beide Baumarten praktisch die gleichen Wurzellängen auf, wobei in der doppelt so hohen Erdschicht die Wurzellängen pro Liter Boden wesentlich geringer sind. Vor allem ist die Länge der Feinwurzeln nur etwas mehr als halb so gross wie in der niedrigen Erdschicht des Profiles A (Schwarzerle



Bild 6

Bewurzelung der Stieleiche bei hohem und tiefem Grundwasserstand (0,6 bzw. 1,4 m) und einer Lehmschicht in 35 bzw. 70 cm Tiefe.

52 %, Stieleiche 65 %). Die 1—3 mm dicken Wurzeln dagegen sind bei der Schwarzerle in beiden Lehmschichten gleich stark vertreten, während sie bei der Stieleiche überhaupt nur spärlich vorhanden sind.

Die Fähigkeit der Schwarzerle, mit ihren Wurzeln dichte Lehmschichten verhältnismässig gut zu durchdringen und auch bis in sauerstoffarmes, stehendes Grundwasser vorzustossen, beruht, wie namentlich *Bibelriether*³ in der «Allgemeinen Forstzeitschrift» 1964 beschrieben hat, auf den besonderen anatomischen Eigenschaften ihrer Tiefenwurzeln: Diese weisen auffallend grosse, lufthaltige Zellen im Wasserleitungsgewebe (Xylem) auf.

5. Zusammenfassung wesentlicher Ergebnisse

Die in den Jahren 1951 bis 1971 durchgeführten Grundwasserversuche wurden verschiedenen Einzelfragen und Baumarten entsprechend angelegt. Trotzdem lassen sich aber die wesentlichen Ergebnisse wie folgt gesamthaft zusammenfassen:

Es handelte sich vor allem darum, die Ausbildung des Wurzelwerkes und das Wachstum von Jungpflanzen verschiedener Baumarten — von Pappeln, Aspen, Stieleichen, Weiss- und Schwarzerlen — bei zwei verschiedenen Grundwasserständen zu untersuchen. Ein weiterer Versuch mit Stieleichen und Schwarzerlen sollte ausserdem die Fähigkeit dieser Baumarten überprüfen, eine bindige, stark wasserhaltende Lehmschicht zu durchwachsen. Diese Untersuchungen wurden in einer Versuchsanlage mit genau bestimm- baren Bedingungen durchgeführt.

Die Ergebnisse gelten selbstverständlich nur für junge Einzelpflanzen und können zudem aus folgenden Gründen nicht ohne weiteres auf ganze Waldbestände und ältere Bäume übertragen werden:

- Unter natürlichen Bedingungen ist das Grundwasser zumeist bewegt und zweifellos sauerstoffreicher als in der Versuchsanlage. Das Grundwasser wurde zwar in den Versuchsbecken durch einen den festgelegten Wasserstand erhaltenden Zufluss ständig schwach erneuert, war aber doch stehend und sauerstoffarm.
- Die Speisung der Grundwasseranlage erfolgte durch Leitungswasser mit einer Mindestmenge darin gelöster Nährstoffe. Natürliches Grundwasser wäre vermutlich reicher an Mineralstoffen.
- Die Zementrohre mit 40 cm Innendurchmesser erlaubten nur eine sehr beschränkte seitliche Wurzelentwicklung.
- Erfahrungsgemäss unterscheiden sich die Typen der Bewurzelung von Jungpflanzen und älteren Bäumen.

³ Bibelriether, H.: Die Bewurzelung von Schwarzerlen in den Auwäldern von Prekmurje (Slowenien). Allg. Forstzeitschrift, 19 (1964), 638—640.

Andererseits erlauben die Versuchsergebnisse doch wesentliche Vergleiche, weil alle Versuchspflanzen unter genau definierten Bedingungen standen. Da die Bewurzelungstiefen der meisten Baumarten schon in den ersten Lebensjahren erreicht werden und sich die physiologischen Eigenschaften der Feinwurzeln mit dem Alter der Bäume kaum wesentlich ändern, dürften auch gewisse Schlüsse auf das Verhalten älterer Bäume zulässig sein. Mit dem Alter der Bäume ändert sich hauptsächlich die durch die Grobwurzeln geprägte Wurzeltracht. Die physiologischen Bedingungen für die Feinwurzeln und Feinstwurzeln bleiben dagegen während des ganzen Baumlebens, soweit nicht wesentliche Änderungen der physikalischen und chemischen Bodeneigenschaften erfolgen, weitgehend konstant. Das homogenisierte Erdmaterial und die Möglichkeit zur Erfassung des gesamten Wurzelwerkes, inbegriffen die feinsten Wurzeln mit Durchmesser bis zu einem Zehntelmillimeter und weniger erlaubten ökologisch wichtige Unterschiede zwischen den untersuchten Baumarten zu erfassen, welche Untersuchungen unter natürlichen Bedingungen kaum zugänglich sind.

Als wesentliche *Untersuchungsergebnisse* sind hervorzuheben:

- Die *Trockenmassen* sowohl der oberirdischen Teile wie der Wurzeln sind im allgemeinen beim tiefen Grundwasserstand grösser. Eine Ausnahme macht die Schwarzerle, indem sie beim hohen und tiefen Grundwasserstand praktisch die gleichen Trockenmassen erzeugt hat.
- Der Anteil der *Feinwurzeln* ist dagegen beim hohen Grundwasserstand absolut und prozentual allgemein grösser.
- Die *Verteilung der Wurzelmasse auf die Bodenschichten* ist stark vom Grundwasserstand abhängig und bei den einzelnen Baumarten grossenteils verschieden. Am ausgeprägtesten ist das Wurzelwerk bei der Aspe über dem Grundwasserstand und sogar über der Zone des Kapillarwassers ausgebildet. Ebenso hat die Weisserle vor allem ihre Grobwurzeln oberflächlich und auch den grössten Teil der Feinwurzeln in der bis etwa 40 cm über dem Grundwasserniveau liegenden Bodenschicht entwickelt. Eine Anhäufung sowohl der Grob- wie der Feinwurzeln über dem Grundwasserstand zeigen ebenfalls die Stieleiche und die Balsampappel, die sich vor allem durch einen grossen Anteil der Grobwurzeln auszeichnet. Auffallend ist bei den untersuchten euramerikanischen Pappelhybriden, dass ein ansehnlicher Teil des Wurzelwerkes in den Grundwasserbereich hineinreicht. Obwohl die Schwarzerle wie die anderen untersuchten Baumarten eine starke Anhäufung der Feinwurzeln unmittelbar über dem Grundwasserspiegel aufweist, wurzelt sie auch beim hohen Grundwasserstand verhältnismässig tief, indem ihr Wurzelhorizont bis etwa 70 cm unter den Wasserspiegel reicht.

Beim tiefen Grundwasserstand ist das Wurzelwerk bei allen Baumarten über das ganze Bodenprofil bis in eine Tiefe von 1,5 bis 1,7 m ziemlich

gleichmässig abnehmend verteilt. Die allgemein auffallend grosse Bewurzelungstiefe mag zum Teil damit zusammenhängen, dass die gelochten Zementrohre über das ganze Profil bis auf den Grundwasserstand einen gewissen seitlichen Luftzutritt zum Bodenprofil erlaubt haben.

— In der Fähigkeit zur *Durchwurzelung einer Lehmschicht* ergab sich ein erheblicher Unterschied zwischen der Schwarzerle und der Stieleiche. Die Trockenmasse der Wurzeln in der Lehmschicht ist bei der Schwarzerle rund dreimal grösser als bei der Stieleiche, wobei es sich bei der Schwarzerle zu 27 % um Wurzeln mit einem Durchmesser unter 1 mm handelt. Bei der Stieleiche beträgt dieser Anteil sogar 66 %, während sie in der Lehmschicht nur wenige gröbere Wurzeln zu entwickeln vermochte.

— Die *Wurzellängen pro Liter Boden* sind selbst in der Lehmschicht beachtlich gross. Die Erdschicht enthält bei der Schwarzerle wie der Eiche je nach der Tiefe des Bodenprofils eine Gesamtlänge der Wurzeln von etwa 2¹/₂ bis 4 cm pro cm³ Erde. In der oberen Lehmschicht von 20 cm sind in 1 cm³ Lehm von der Schwarzerle Wurzeln in der Gesamtlänge von etwa 1,3 cm gebildet worden. Die Länge der Stieleichenwurzeln beträgt dagegen nur knapp 1 cm. Eine untere Lehmschicht von 20 cm enthält pro cm³ immer noch etwa 1 cm Schwarzerlenwurzeln, während Eichenwurzeln praktisch fehlen. Im Laufe eines ganzen Baumlebens vermag somit vor allem die Schwarzerle durch abgestorbene und neu gebildete feine Wurzeln selbst eine zeitweise wassergetränkte Lehmschicht bis in eine beträchtliche Tiefe aufzuschliessen.

Für die Wasserversorgung und Nährstoffaufnahme der Bäume und damit für ihre Wuchsleistung spielt die physiologische Gründigkeit des Bodens erfahrungsgemäss eine wesentliche Rolle. Diese ist weitgehend auch vom hinreichenden Gasaustausch zwischen Wurzelwerk und Boden abhängig. In den durch Grundwasser beeinflussten Böden hängt der Gasaustausch stark von dessen zeitweiser Höhe und Sauerstoffgehalt ab. Dass die einzelnen Baumarten auf diese Verhältnisse sehr ungleich reagieren, ist zwar aus praktischer Erfahrung längst bekannt. Experimentelle Untersuchungen zur genaueren Erfassung solcher Unterschiede sind dagegen eher spärlich. Die vorstehend behandelten Untersuchungen zeigen, dass eine Erweiterung unseres Wissens über die Geschehnisse im Wurzelraum zumeist nur mit einem erheblichen Aufwand möglich ist.

Résumé

Recherches sur le comportement des jeunes plants de différentes essences, suivant le niveau des eaux phréatiques

Dans une station expérimentale, station dont le niveau des eaux phréatiques est réglable de façon précise, on a réalisé cinq essais afin d'étudier la conformation de l'appareil racinaire de l'aune noir, de l'aune blanc, du peuplier baumier, du peuplier de culture, du peuplier tremble et du chêne pédonculé, en rapport avec le niveau des eaux phréatiques, niveau parfois oscillant. Une autre expérience devait mettre en lumière la faculté des racines de l'aune noir et du chêne pédonculé à transpercer une couche argileuse compacte, sous influence des eaux phréatiques.

Les résultats essentiels de ces expériences peuvent se résumer de la manière suivante:

- En règle générale, la quantité de substance sèche des racines et des parties aériennes est plus grande si les eaux phréatiques sont basses. L'aune noir fait exception, produisant la même quantité de substance sèche, le niveau des eaux phréatiques étant élevé ou non.
- La proportion des racines fines est en valeur relative et absolue plus grande, si les eaux phréatiques sont hautes.
- La répartition de la masse des racines dépend fortement du niveau des eaux phréatiques et varie selon les essences. La majeure partie des racines du tremble se trouve au-dessus des eaux phréatiques et même au-dessus des eaux de capillarité. Les grosses racines de l'aune blanc sont surtout superficielles et la plus grande partie de ses racines fines se développe dans la couche se trouvant à environ quarante centimètres au-dessus des eaux phréatiques. Le peuplier baumier et le chêne pédonculé présentent une accumulation des grosses et des fines racines au-dessus des eaux phréatiques, accumulation caractérisée par une forte proportion de grosses racines. Il est frappant de constater chez les peupliers hybrides euraméricains étudiés qu'une partie considérable des racines atteint la zone des eaux phréatiques. L'aune noir, bien que ses racines fines soient accumulées directement au-dessus de la nappe phréatique, les forme, même si les eaux phréatiques sont élevées, relativement profondément.
- La longueur des racines par litre de terre est même dans la couche argileuse considérablement grande. La longueur totale des racines varie, pour l'aune noir comme pour le chêne, entre 2 $\frac{1}{2}$ cm et 4 cm par cm³ selon la profondeur. Dans les vingt centimètres supérieurs de la couche argileuse la longueur totale des racines de l'aune noir est d'environ 1,3 cm par cm³, celle du chêne pédonculé d'à peine 1 cm.
- Quant à la capacité des racines à traverser une couche argileuse, on constate une importante différence entre l'aune noir et le chêne pédonculé. La quantité de substance sèche des racines de l'aune noir dans la couche argileuse est environ trois fois plus grande que celle du chêne pédonculé.

Traduction: S. Croptier