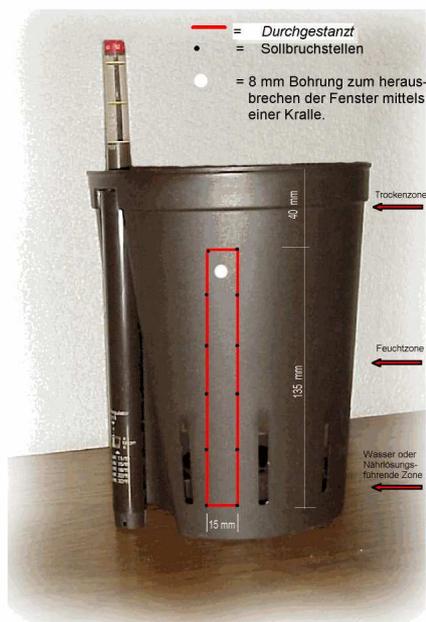


Optimierung des Kulturtopfes im Hinblick auf die Sauerstoffversorgung im Wurzelbereich von „Hydrokulturen“ in der Innenraumbegrünung

Beispiel: Hydrokulturtopf 15 / 19



Im Auftrag der Firma D+S

Wissenschaftliche Betreuung:

Dr. Heinz-Dieter Molitor
Dipl. Ing. (FH) Manfred Fischer
Forschungsanstalt Geisenheim

1. März 2002

1. Einleitung und Fragestellung

In der Innenraumbegrünung hat sich die „Hydrokultur“ auf der Basis von Blähton als langfristig haltbares System erwiesen. Dennoch können zeitweise Probleme im Wurzelbereich auftreten, die sich insbesondere durch faule Wurzeln im überstauten Bereich äußern. Dies kann zu einer nennenswerten Schädigung der Gesamtpflanze oder auch zu deren Ausfall führen. Wenngleich alle Pflanzenarten betroffen sind, reagieren einzelne doch besonders empfindlich, wie beispielsweise Croton oder auch Orchideen. Es ist bekannt, dass Croton nicht in den überstauten Bereich hinein wurzeln oder im Falle, dass die Wurzeln überstaut werden, diese absterben. Aktuelle Untersuchungen haben gezeigt, dass der Sauerstoffgehalt der Nährlösung in der Anstauzone in der Regel sehr niedrig liegt und die Sauerstoffsättigung nach dem Auffüllen der Gefäße auf Werte unter 20 % absinkt. Daraus kann abgeleitet werden, dass die beobachteten Schäden im wesentlichen durch Sauerstoffmangel verursacht werden. Besonders problematisch in diesem Zusammenhang ist, dass die Kulturtöpfe in der Regel aus Gründen der Stabilität nur mit wenigen schmalen Seitenschlitzen versehen sind, die zudem bereits in etwa 4 cm Höhe enden. Die Seitenschlitze werden somit beim Auffüllen der Gefäße überstaut.

Ziel der vorliegenden Untersuchung sollte sein durch ein verändertes Design der Kulturtöpfe das Herauswurzeln der Pflanzen zu verbessern, ohne die Stabilität der Töpfe während der Anzuchtphase zu beeinträchtigen.

Im einzelnen stellten sich folgende Versuchsfragen:

- Lässt sich durch breitere und höher angebrachte Seitenschlitze oder durch herausnehmbare vorgestanzte Fenster das Herauswurzeln der Pflanzen fördern?
- Beeinflusst der Kulturtopf die Sauerstoffsättigung der Anstaulösung?
- Welchen Einfluss hat die Anstauhöhe auf die Wurzelverteilung im Gefäß?

2. Material und Methoden

Rundgefäße (Tina Ø ca. 35 cm; Höhe 20 cm) wurden mit jeweils einer Pflanze von *Ficus benjamina* ‚Golden King‘ (60/80 cm; Leitpflanze), *Ficus pumila* und *Codiaeum variegatum* (30/40 cm) bepflanzt. Jedes Gefäß war mit einem Düngerohr (70 mm) versehen. Die Anzucht der Pflanzen war zuvor in drei verschiedenen Kulturtöpfen (siehe Abb. 1) in der Firma Hydro-Teufel / Mannheim erfolgt:

▸ Standardtopf

Als Standard dienen 19 cm hohe Kulturtöpfe (Luwasa) mit einem Durchmesser von 15 cm. An der Seite waren acht 0,5 cm breite Schlitzte vorgesehen, die in einer Höhe von 4,5 cm vom Topfboden endeten.

▸ Versuchstopf 1

Dieser Kulturtopf war mit 1,5 cm breiten und 11 cm hohen Seitenschlitzen versehen, insgesamt acht pro Topf. Die Schlitzte endeten in 13,5 cm Höhe vom Topfboden.

▸ Versuchstopf 2

Dieser Kulturtopf war mit vier seitlich angebrachten vorgestanzten Fenstern (4 cm breit x 11 cm hoch) versehen, die unmittelbar vor dem Pflanzen ausgebrochen wurden. Die Fenster endeten 14,5 cm über dem Topfboden.



Abb. 1: Design verschiedener Kulturtöpfe

Bei den Versuchs-Kulturtöpfen handelte es sich um Entwicklungen der Firma D+S Hydrokultur / Unterweikertshofen. Als Substrat wurde Blähton (Leca-Ton) der Körnung 8/16 verwendet. Die Düngung erfolgte mit mit Flüssigdünger (Grenosan; 0,75 ml/l) bei jedem Auffüllen der Gefäße. Als Gießwasser wurde Leitungswasser verwendet. Die Qualität des Gießwassers geht aus Tab. 1 hervor. Die Anstauhöhe betrug:

- Minimum: 1,5 cm
- Optimum: 3,5 cm (=2,5 l/Gefäß)
- Maximum: 6,0 cm (= 3,6 l/Gefäß)
- Versuchsglied 7 (Daueranstau): 2,0 cm (= 1,6 l/Gefäß)

Die in regelmäßigen Zeitabständen zur Kontrolle durchgeführten Nährlösungsanalysen sind im Anhang aufgeführt.

Tab. 1: Wichtige chemische Parameter der Gießwasserqualität (Leitungswasser) – Mittel aus 10 Analysen

Leitfähigkeit	µS	466
Säurekapazität SBV	mmol/l	2,8
Erdalkaliionen	mmol/l	2,1
Chlorid	mmol/l	0,83
Natrium	mmol/l	0,51
Kalzium	mmol/l	1,68
Magnesium	mmol/l	0,55
Eisen	µmol/l	1,1
Zink	µmol/l	7,19
Mangan	µmol/l	0,27
Kupfer	µmol/l	0

Die Pflanzung der Gefäße erfolgte am 14. Dezember 2000. Anschließend erfolgte die Aufstellung in einem Gewächshaus auf Tischen bei 18 °C Heiz- und 22 °C Lüftungstemperatur. Schattierung erfolgte ab 20.000 Lux auf 70 % .

Versuchsplan:

VG	Topf-Typ	NL-Anstau
1	Standard	Optimum → Minimum
2	Standard	Maximum → Minimum
3	hohe Seitenschlitze	Optimum → Minimum
4	hohe Seitenschlitze	Maximum → Minimum
5	„Fenster“ groß	Optimum → Minimum
6	„Fenster“ groß	Maximum → Minimum
7	Standard	konstant 2 cm

Der Versuch umfasste demnach 7 Versuchsglieder in 6 Wiederholungen mit jeweils 3 Pflanzen pro Gefäß.

Nach 30 Wochen Standzeit wurde am 3. Juli 2001 eine Zwischenauswertung durchgeführt. Dabei wurde das Wurzelwachstum von drei Wiederholungen bewertet. Außerdem wurde in drei Messreihen die Sauerstoffsättigung von jeweils drei Einzelgefäßen mit unterschiedlichen Kulturtöpfen und Anstauhöhen untersucht.

In mehreren Serien vom 11. Mai bis 23. Juli 2001 wurden an jeweils drei Einzelgefäßen die Sauerstoffsättigung der Anstaulösung gemessen.

Die Endauswertung erfolgte am 16. Oktober 2001, nach 45 Wochen Standzeit .

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Zwischenauswertung nach einem halben Jahr Standzeit

Am 3. Juli 2001 erfolgte nach 30 Wochen Standzeit der Gefäße eine erste Zwischenauswertung. Dabei wurden jeweils drei Wiederholungen ausgewertet und dabei insbesondere das Wachstum der Wurzeln aus den Kulturtöpfen heraus in das umgebende Substrat beurteilt.

Besonders deutlich war erwartungsgemäß die Reaktion bei Croton. Dabei zeigte sich, dass bei dem Standardtopf und Anstauhöhe bis „Optimum“ (VG 1) kaum Wurzeln durch die schmalen und tief sitzenden Schlitze herausgewachsen waren (siehe Abb. 2). In der Tendenz betraf dies noch mehr die Variante mit höherer Anstauhöhe von Versuchsglied 2 (siehe Abb. 3). Die Töpfe ließen sich deshalb relativ leicht aus den Gefäßen herausnehmen. Bei Croton waren die herausgewachsenen Wurzeln zudem durchgehend faul.

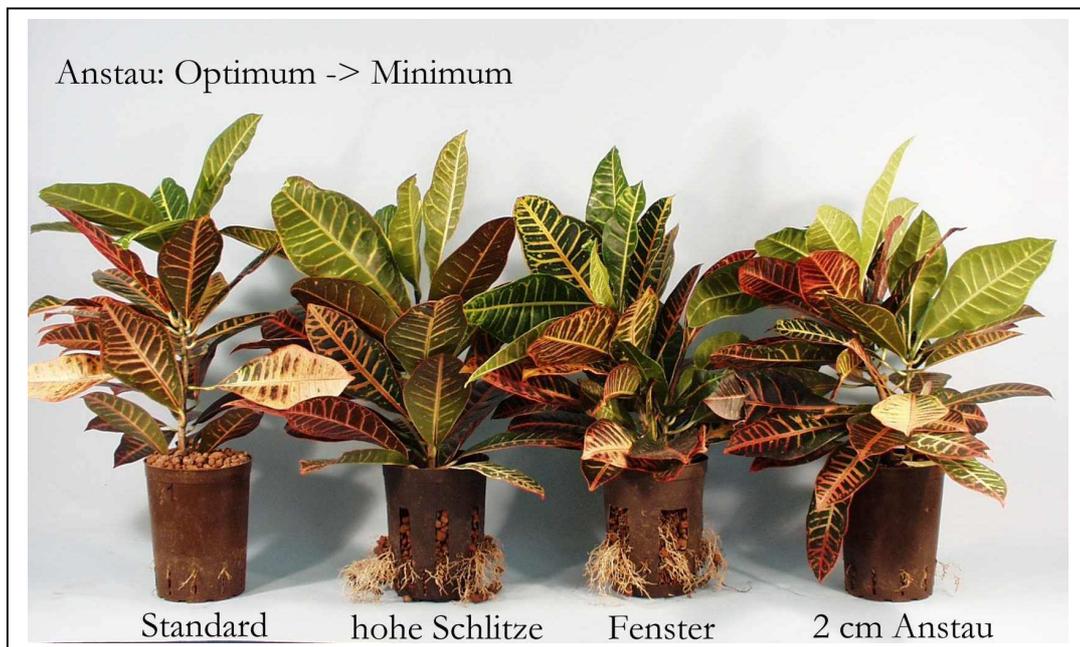


Abb. 2: Wurzelbildung von Croton in verschiedenen Kulturtöpfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

Im Vergleich dazu war bei den Töpfen mit hohem Seitenschlitz oder mit seitlichen Fenstern eine intensive Wurzelbildung mit gesunden Wurzeln zu beobachten. Beim Daueranstau von 2 cm war die Wurzelbildung schwach, aber immerhin vorhanden.

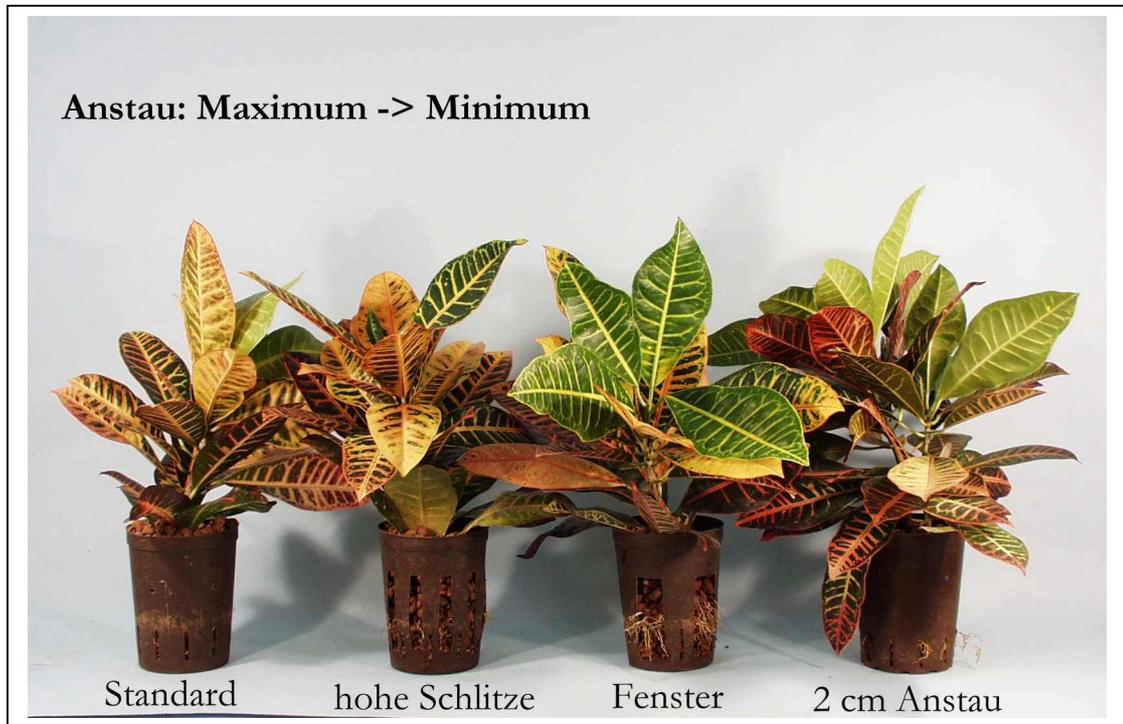


Abb. 3: Wurzelbildung von Croton in verschiedenen Kulturtöpfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

Wurde bis auf „Maximum“ beim Nachfüllen der Gefäße angestaut, verschlechterte sich die Wurzelbildung deutlich (siehe Abb. 3 und 4).



Abb. 4: Verbesserte Wurzelbildung von Croton im Kulturtopf mit höheren und breiteren Seitenschlitzen bei üblicher Anstauhöhe auf „Optimum“:

Auch bei *Ficus benjamina* zeigten sich nach 30 Wochen Standzeit der Gefäße in Abhängigkeit vom Kulturtopf deutliche Unterschiede in der Wurzelbildung. Beim Standardtopf war auch bei optimalem Wasseranstau kein nennenswertes Wurzelwachstum durch die seitlichen Schlitzte zu beobachten (siehe Abb. 5). Allerdings waren zahlreiche Wurzeln durch die in 12 cm Höhe bei einigen Kulturtopfen angebrachten Löcher hinausgewachsen und hatten ein intensives Wurzelgeflecht ausgebildet (siehe Abb. 7).

Bei den mit breiteren und höheren Schlitzten versehenen Kulturtopfen der Versuchsglieder 3 und 4 waren hingegen die Wurzeln fast über die gesamte Länge stark herausgewachsen (siehe Abb. 5 und 6). Die Anstauhöhe hatte sich in diesem Fall nicht nennenswert ausgewirkt.

Noch deutlich besseres Wurzelwachstum war bei den mit vergleichsweise großen Fensteröffnungen versehenen Kulturtopfen zu beobachten. Auch in diesem Fall war ein Einfluss der Anstauhöhe nicht erkennbar.

Wurde der Wasserstand auf 2 cm begrenzt, wurzelten die Pflanzen auch bei dem Standardtopf oberhalb der Anstauzone heraus (siehe Abb. 5).



Abb. 5: Wurzelbildung von *Ficus benjamina* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 6: Wurzelbildung von in verschiedenen Kulturtöpfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 7: Wurzeln wachsen bei *Ficus benjamina* oberhalb der Anstauzone aus einzelnen Löchern im Kulturtopf heraus.

Bei *Ficus pumila* war die Wurzelbildung innerhalb von 30 Wochen Standzeit der Gefäße generell schwächer ausgeprägt. Dennoch war auch bei dieser Pflanzenart erkennbar, dass Wurzeln in nennenswerten Umfang nur bei den Kulturtopfen mit hohem Seitenschlitz oder großen „Fenstern“ nach außen gewachsen waren (Abb. 8 und 9).



Abb. 8: Wurzelbildung von *Ficus pumila* in verschiedenen Kulturtopfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

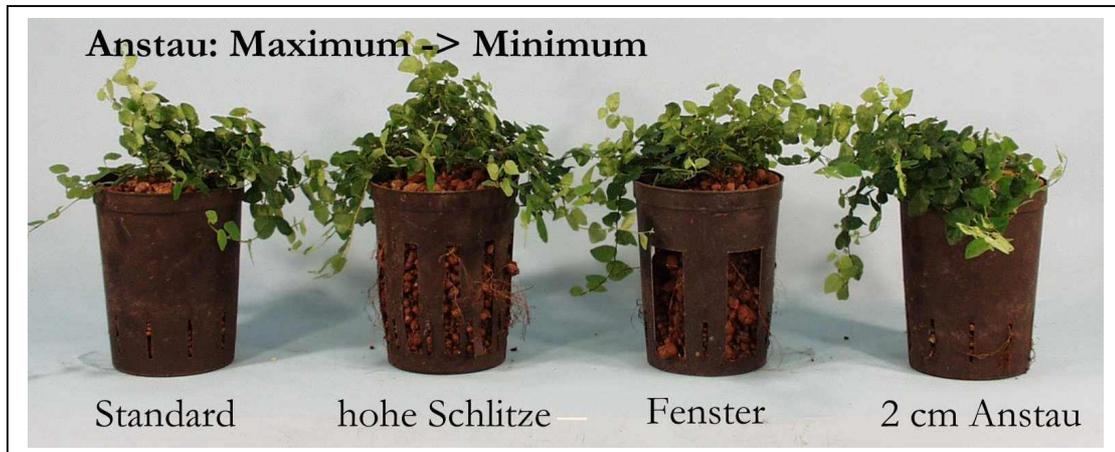


Abb. 9: Wurzelbildung von *Ficus pumila* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 30 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

3.2 Endauswertung nach 45 Wochen Standzeit

Wie aus den nachfolgenden Abbildungen zu ersehen, die Pflanzen zu Versuchsende nach 45 Wochen sehr unterschiedliche Wurzelsysteme in Abhängigkeit vom Kulturtopf und der Anstauhöhe ausgebildet.

Deutlich sichtbar war dies auch bei den empfindlichen Croton (siehe Abb. 10) und hier erwartungsgemäß besonders bei zu hohem Anstau bis auf „Maximum“ (Abb. 11). Bei dem herkömmlichen Kulturtopf waren keine Wurzeln in das umgebende Medium gewurzelt, es sei denn, der Anstau war auf konstant 2 cm begrenzt. Wesentlich intensiver war allerdings die Wurzelbildung bei den mit hohen Schlitzen oder mit breiten Fenstern versehen Kulturtöpfen. Diese ermöglichten den Pflanzen auch das Herauswurzeln bei vergleichsweise hohem Anstau.

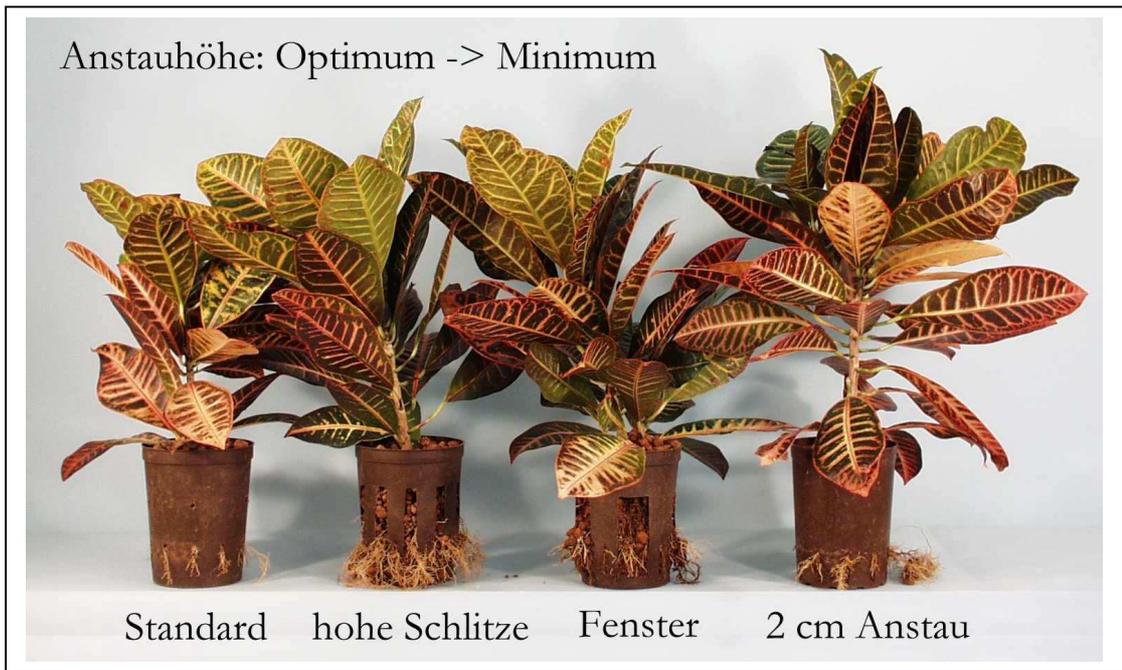


Abb. 10: Wurzelbildung von Croton in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 11: Wurzelbildung von Croton in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

Wegen der intensiveren Wurzelbildung noch auffälliger war das Ergebnis bei *Ficus benjamina* (Abb. 12 und 13) sowie bei *Ficus pumila* (Abb. 14 und 15).

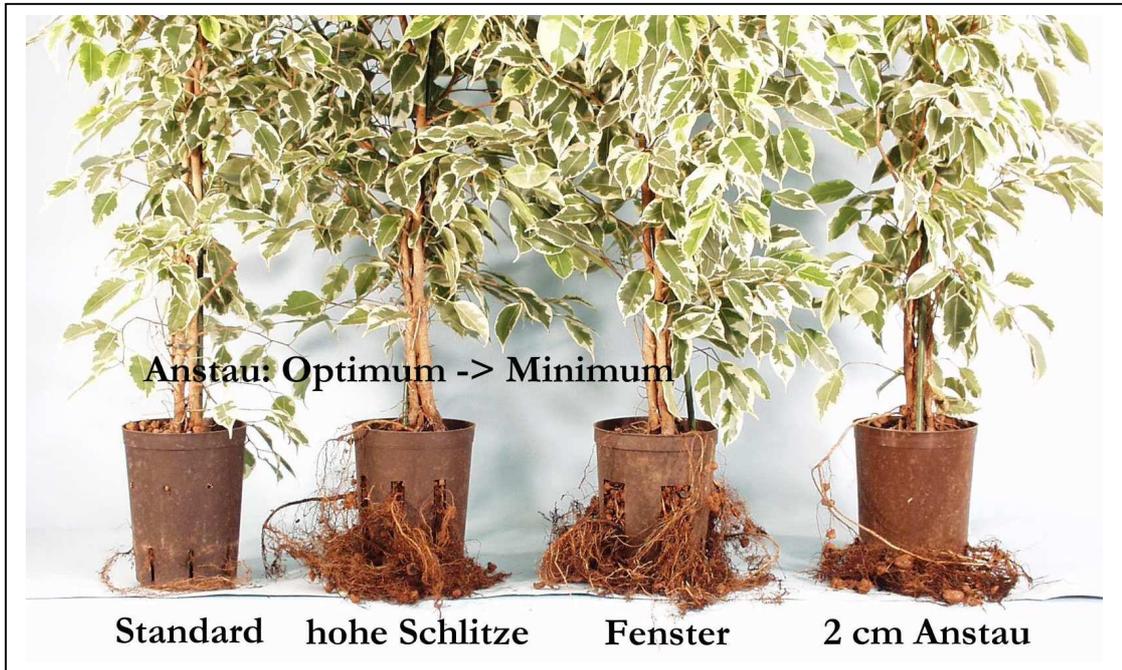


Abb. 12: Wurzelbildung von *Ficus benjamina* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 13: Wurzelbildung von *Ficus benjamina* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 14: Wurzelbildung von *Ficus pumila* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Optimum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.



Abb. 15: Wurzelbildung von *Ficus pumila* in verschiedenen Kulturtöpfen nach 45 Wochen Standzeit. Anstauhöhe bis „Maximum“ bzw. 2 cm Daueranstau mit Standardtopf.

Die visuell deutlich sichtbaren Unterschiede ließen sich auch durch gewichtsmäßiges Bestimmen der aus dem Kulturtopf heraus gewachsenen Wurzeln mit Zahlen untermauern (siehe Abb. 16-18).

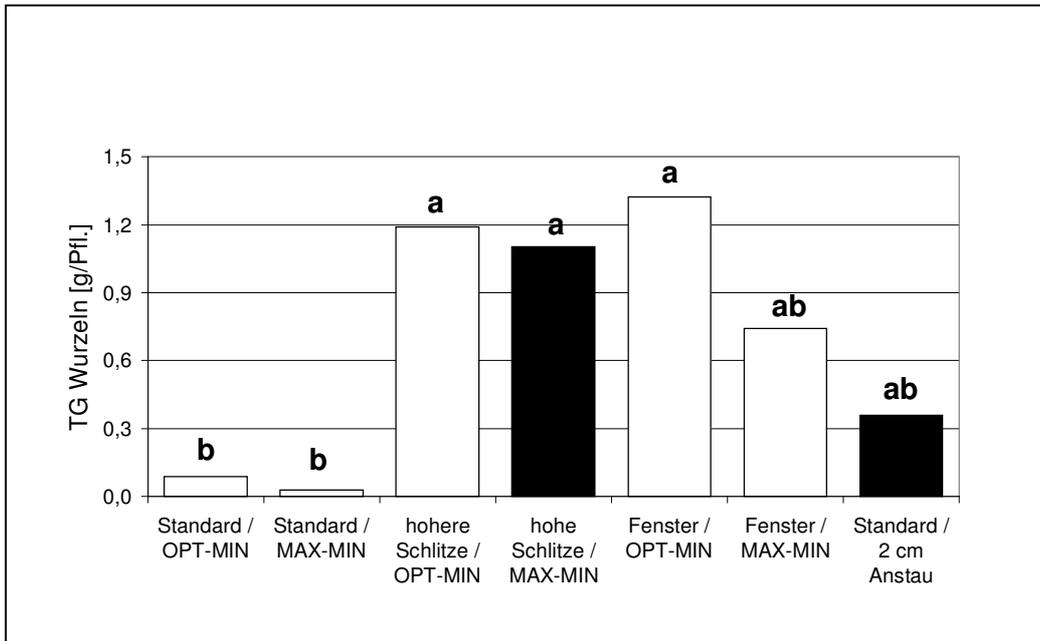


Abb. 16: Trockengewicht der aus verschiedenen Kulturtopfen innerhalb von 45 Wochen Standzeit herausgewachsenen Wurzeln von *Croton*. – Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an -

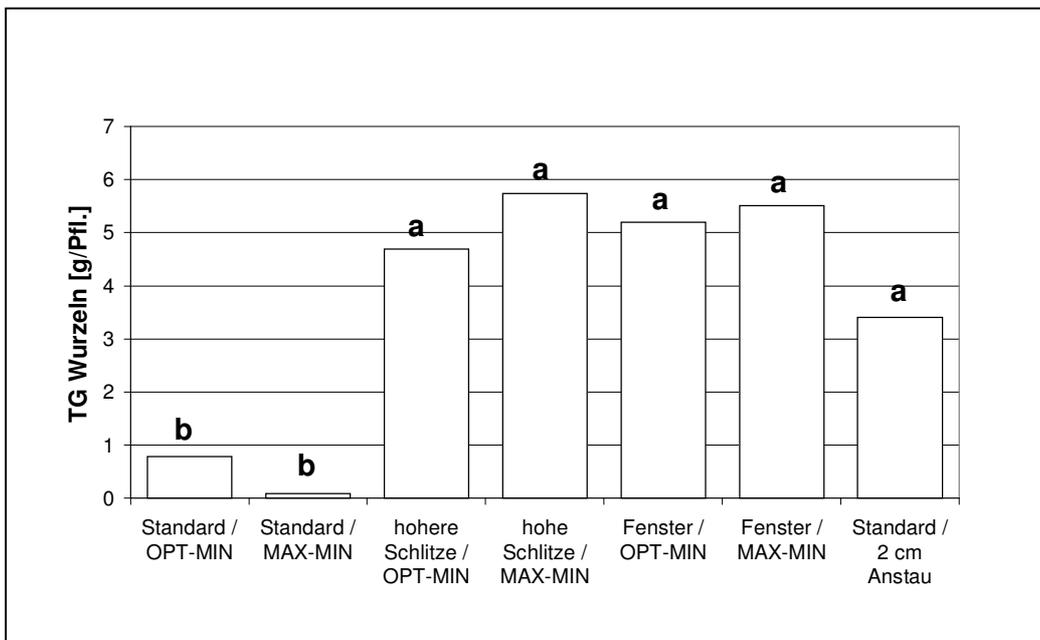


Abb. 17: Trockengewicht der aus verschiedenen Kulturtopfen innerhalb von 45 Wochen Standzeit herausgewachsenen Wurzeln von *Ficus benjamina*. – Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an -

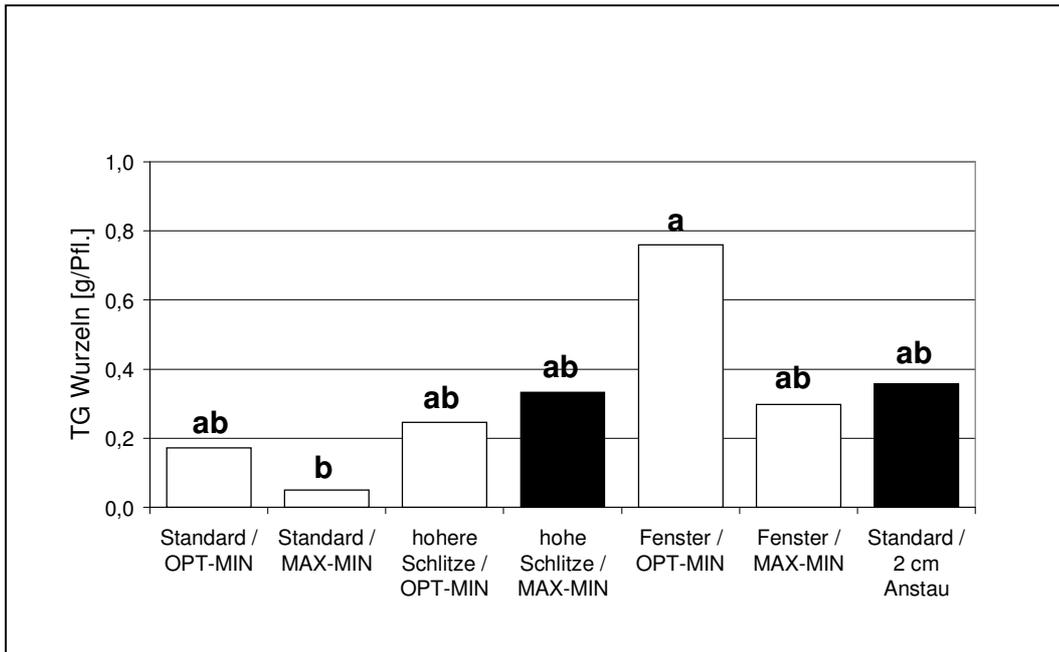


Abb. 18: Trockengewicht der aus verschiedenen Kulturtöpfen innerhalb von 45 Wochen Standzeit herausgewachsenen Wurzeln von *Ficus pumila*. – Verschiedene Buchstaben zeigen signifikante Unterschiede an -

Abhängig davon, ob die Pflanzen die Gelegenheit hatten aus dem Kulturtopf heraus zu wurzeln oder nicht, bildeten sich im Topfbereich unterschiedlich starke Wurzelballen aus. Wie aus Abb. 19 zu ersehen, war die Durchwurzlung beim Standardtopf besonders stark, wodurch sich ein kompakter Wurzelballen ausbildete. Dieses während der Produktion durchaus erwünschte Verhalten ist im weiteren Verlauf in der Begrünung als entscheidender Nachteil anzusehen. Die Durchlüftung des Wurzelballens wird zunehmend verschlechtert, wodurch das Risiko von Sauerstoffmangel und anschließenden Wurzelschäden zunimmt.



Abb. 19: Intensität der Wurzelbildung innerhalb verschiedener Kulturtopfe von *Ficus benjamina* nach 45 Wochen Standzeit der Gefäße

Bei Croton beschränkte sich die Durchwurzelung innerhalb des Kulturtopfes streng auf den nicht angestauten Bereich, wodurch sich in der Höhe unterschiedliche Wurzelballen ergaben. Unabhängig davon fanden sich im Übergangsbereich stets auffällig viele braune abgestorbene Wurzeln (siehe Abb. 20).



Abb. 20: Blick von seitlich unten auf den Wurzelballen von Croton. Faule Wurzeln im Übergangsbereich zur Anstauzone.

3.3 Sauerstoffsättigung in der Anstaulösung

In mehreren Serien vom 11. Mai bis 23. Juli 2001 wurden an jeweils drei Einzelgefäßen die Sauerstoffsättigung der Anstaulösung gemessen. Wie aus den in Abb. 21-23 dargestellten Ergebnissen zu ersehen, war kein Einfluss der Kulturtöpfe zu erkennen. Die Sauerstoffsättigung bewegte sich abhängig von der jeweiligen Anstauhöhe und dem Wasserverbrauch der Pflanzen zwischen etwa 80 % vor dem Auffüllen und nahe 0 % in der Zeit nach dem Auffüllen der Gefäße. Bei konstant 2 cm Wasseranstau lag die Sauerstoffsättigung überwiegend in einem Bereich zwischen etwa 40 und 60 %.

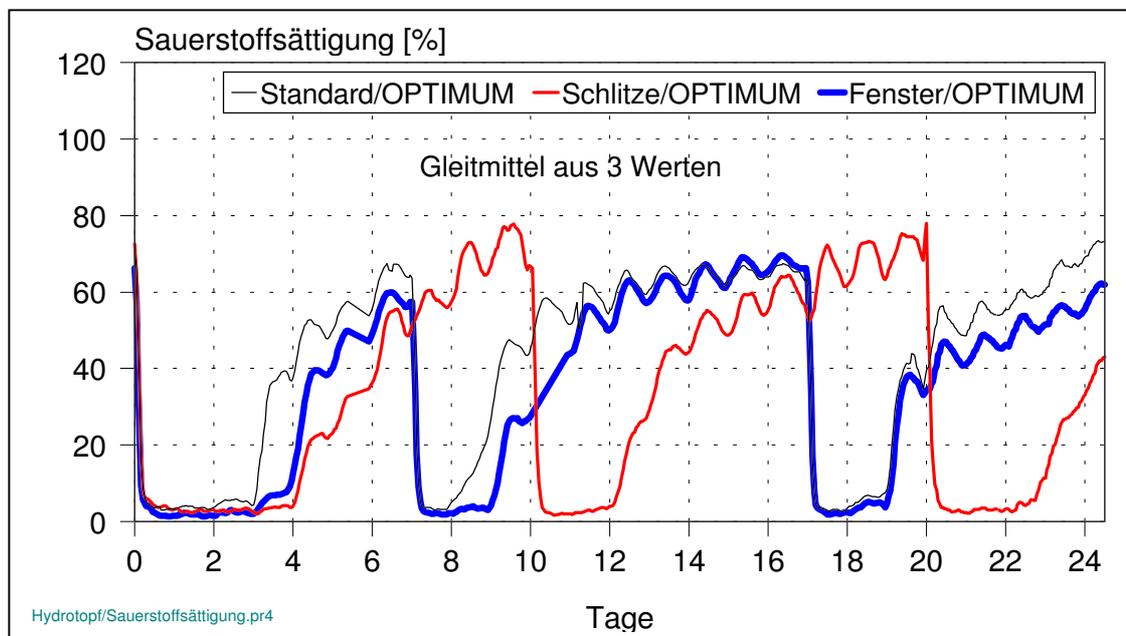


Abb. 21: Sauerstoffsättigung in der Anstaulösung verschiedener Kulturtopfvarianten:
Standardtopf / Anstau: Optimum -> Minimum;
schmale hohe Seitenschlitze / Anstau: Optimum ->Minimum;
große Seitenfenster / Anstau: Optimum -> Minimum.
Versuchszeitraum: 11.05.-5.06.2001

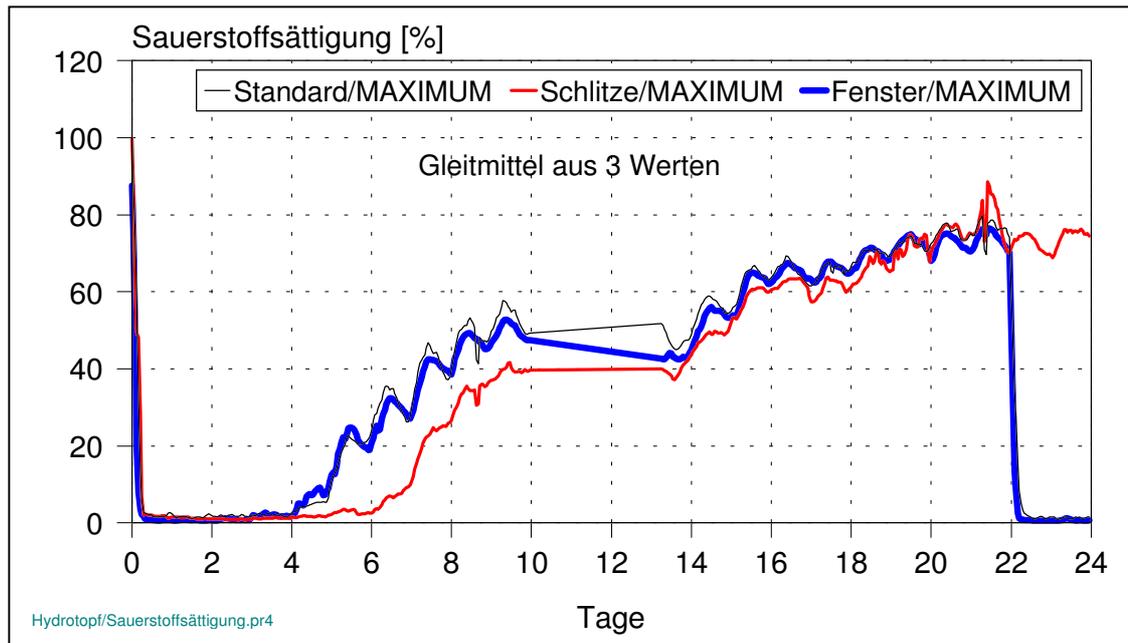


Abb. 22: Sauerstoffsättigung in der Anstaulösung verschiedener Kulturtopfvarianten: Standardtopf / Anstau: Maximum -> Minimum; schmale hohe Seitenschlitze / Anstau: Maximum ->Minimum; große Seitenfenster / Anstau: Maximum -> Minimum
Versuchszeitraum: 5.06.-29.06.2001

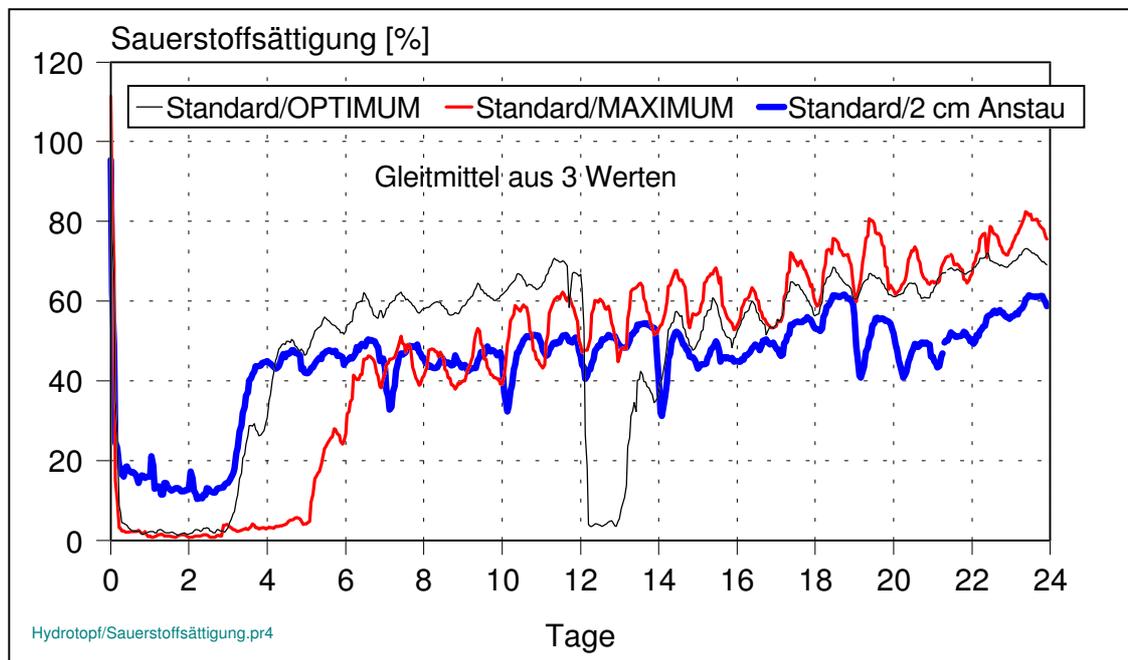


Abb. 23: Sauerstoffsättigung in der Anstaulösung verschiedener Kulturtopfvarianten: Standardtopf / Anstau: Optimum -> Minimum; Standardtopf / Anstau: Maximum ->Minimum; Standardtopf / Anstau: konstant 2 cm. Versuchszeitraum: 5.06.-29.06.2001

4. Abschließende Betrachtung

Die bisher üblichen Standard-Kulturtöpfe behindern erheblich das Herauswurzeln der Pflanzen in das umgebende Medium! Dies gilt besonders dann, wenn, wie in der Praxis häufig anzutreffen, bis „Maximum“ anstelle von „Optimum“ angestaut wird. Abhilfe lässt sich, wie die Ergebnisse des konstanten Anstaus von 2 cm zeigen, in gewissen Grenzen durch konstant niedrigen Anstau schaffen. Diese Erfahrung ist keineswegs neu. Bereits in den 70er Jahren war dies das Prinzip des sogenannten Hydrotanks nach Dr. Blaicher, der leider von der Hydrokulturpraxis nicht akzeptiert wurde.

Eine weitere entscheidende Verbesserung lässt sich dadurch erreichen, dass vor dem „Auspflanzen“ seitlich in den Kulturtöpfen vorgesehene vorgestanzte Fenster geöffnet werden. Auf diese Weise lassen sich die Pflanzen zunächst in gewohnter Weise in einem stabilen Kulturtopf kultivieren, ohne dass die Gefahr der Austrocknung des Wurzelsystems oberhalb des Nährlösungsanstaus besteht oder Blähton aus den Töpfen rieselt. Zum Zeitpunkt des Pflanzens in die Hydrogefäße hat der Kulturtopf im allgemeinen seinen Zweck erfüllt. Zu diesem Zeitpunkt werden die vorgesehenen seitlichen Fenster geöffnet und danach Substrat beigefüllt. Die Wurzeln können nun ungehindert den Kulturtopf verlassen und die für sie optimalen pflanzenspezifischen Regionen durchwurzeln. Die Versuche haben eindrucksvoll gezeigt, wie stark die Pflanzen reagieren. Dies zeigte sich unter anderem auch daran, dass im oberen Drittel angebrachte Löcher zum Aufreißen der Fenster intensiv durchwurzelt wurden.

Wichtig ist, dass die zu öffnenden Fenster deutlich über den Nährlösungsanstau hinaus ragen. Die optimale Breite wird letztendlich von der Anforderung abhängen, in welchem Umfang das Herausrieseln von Blähton toleriert wird. Aufgrund der vorliegenden Untersuchung sollten die Fenster so breit wie möglich sein. Dadurch lässt sich das häufig zu beobachtende Abschnüren der Wurzeln mit zunehmendem Dickenwachstum verhindern.

Alternativ kann das Entfernen des gesamten Kulturtopfes beim Pflanzens in die Überlegung einbezogen werden. Dies wird häufig im Hobbybereich praktiziert. Das Entfernen des Kulturtopfes bei der Pflanzung im Profibereich wäre allerdings mit einem nicht vertretbar hohen Arbeits- und damit Kostenaufwand verbunden. Durch die neuen Kulturtöpfe mit herausnehmbaren Seitenfenstern lässt sich hingegen der gewohnte Vorgang des Pflanzens mit Einstellen der Kulturtöpfe auf den Behälterboden und anschließendem Auffüllen mit Blähton weitgehend beibehalten.