

Charakterisierung der Plastizität verschiedener Wachstums- und Reproduktionsgrößen von *Avena sativa* L. anhand sukzessiver Dichteverminderung

Markus Schreiber, Manfred Küppers und Diethard Matthies

Synopsis

Avena sativa L. cultivar "Erbgraf" was sown in 1989 at a density of 400 plants/m² in 81 field plots. In a randomized design the plants were thinned in parts of the plots at the vegetative and flowering stage to give densities of 100 plants/m² and 25 plants/m². Thus, competition was released at different times and to different degrees. Thinning did neither vary the number of flowers per spikelet nor the number of panicles per shoot or the number of seeds per plant at both times. In contrast, total leaf area, above-ground dry matter, plant height, number of shoots per plant and total yield per plant were strongly affected. Time of thinning during plant development was much more important than degree of thinning. Early thinning increased the number of shoots per plant and above-ground area and the number of flowers per nodium, whereas later thinning increased the total yield per plant through an increased individual grain weight. However, thinning to 25 individuals/m² did actually reduce growth and yield. Apparently, higher densities, though creating competitive pressure with respect to light, also generated a nursery effect. The effect of different degrees of thinning indicated that under the conditions of 1989 individual plant growth showed an optimum at intermediate densities. Time of thinning strongly influenced the pattern of plastic response to competitive release as well as total grain yield.

allocation, thinning, Avena sativa, biomass, competition, plasticity, matter production, reproduction

1. Einführung

Saathafer, *Avena sativa* L., unterliegt als alte Kulturpflanze einer fortgesetzten, anthropogenen Selektion (GEISLER 1983, REINER 1983), wodurch er an Plastizität verloren haben könnte, insbesondere intraspezifische Konkurrenz betreffend. Aus diesem Grunde sollte untersucht werden, wie er auf eine Reduktion seiner Individuendichte vegetativ und reproduktiv reagiert. Überhaupt liegen nur wenige Untersuchungen zur Plastizität von Monokotylen gegenüber Änderungen ihrer Populationsdichte vor (PUCKRIDGE 1968, YU & al. 1988, MARSHALL & LUDLAM 1989, PYKE 1989). Untersuchungen an dikotylen Pflanzen zeigten, daß der Zeitpunkt von Dichteverminderungen größeren Einfluß auf die Plastizität besitzt als der Dichtegrad (STEPHENSON 1981), da das Entwicklungsstadium einer Pflanze für die Fortpflanzung bedeutsamer ist als intraspezifische Konkurrenz (LLOYD 1980, LEE & BAZZAZ 1986, SILVERTOWN 1987, WEST-EBERHARD 1989). Ob dies auch für die Monokotyle *Avena sativa* L. gilt, soll über Ausdünnungen der Bestandesdichte zu verschiedenen Zeitpunkten und Graden untersucht werden.

2. Material und Methoden

Das Versuchsfeld befand sich in der östlichen Wetterau (Gebiet Ronneburg in der Nähe von Himbach auf einer Höhe von 210 m über NN). Das Gebiet ist subozeanisch warmgetönt mit einer mittleren Jahrestemperatur von 9°C und Jahresniederschlägen von 630 mm.

Verwendet wurde Saatgut der Sorte "Erbgraf". Es wurde mit einer Drillmaschine in einem Reihenabstand von 12,5 cm ausgesät. Die Ausgangsdichte betrug 400 keimfähige Körner/m². Zum

Zeitpunkt der Aussaat erfolgte eine einmalige Grunddüngung mit 200 kg Nitrophoska/ha (enthält jeweils gleiche Volumenanteile an Phosphor, Kalium und Stickstoff). Es wurden fünf (genauer, für statistische Zwecke, $4 + 1 \times 5 = 9$) verschiedene Behandlungen ausgeführt:

- 1) Ausdünnung von 400 Pflanzen/m² auf 100 Pflanzen/m² im vegetativen (frühen) Entwicklungsstadium,
- 2) Ausdünnung von 400 Pflanzen auf 100 Pflanzen im blühenden (späten) Entwicklungsstadium;
- 3) Ausdünnung von 400 Pflanzen auf 25 Pflanzen im vegetativen (frühen) Entwicklungsstadium;
- 4) Ausdünnung von 400 Pflanzen auf 25 Pflanzen im blühenden (späten) Entwicklungsstadium;
- 5) insgesamt fünf Kontrollbehandlungen bei unveränderter Dichte.

Neun Reihen mit jeweils neun 1 m²-Feldern wurden so angelegt, daß insgesamt neun Behandlungen zufällig auf 81 Felder verteilt werden konnten (nähere Angaben bei SCHREIBER 1990).

Pro Versuchsfeld wurden fünf Jungpflanzen zufallsverteilt markiert, dann zur Ernte ihre oberirdischen Teile in Papiertüten verpackt. Nur für die jeweils zuerst geerntete Pflanze wurde das Frischgewicht sofort bestimmt. Anzahl der Pflanzen/m² sowie Anzahl der Rispen/m² ließen sich im Feld während des Erntevorganges ermitteln. Alle anderen Parameter wurden im Labor aufgearbeitet, nachdem die Pflanzen für 48 Stunden im Trockenschrank bei 80°C getrocknet worden waren.

Folgende **vegetative** Parameter wurden untersucht:

- Anzahl der Rispen/Pflanze (sie beeinflusst sehr stark die Biomasse der Pflanze und andere vegetative Parameter wie Wuchshöhe und Nodienzahl/Pflanze),
- Trockengewicht der Pflanze,
- Wuchshöhe,
- Blattflächen,
- Anzahl der Nodien/Rispe.

Folgende **reproduktive** Parameter wurden untersucht:

- Anzahl der Ährchen/Nodium,
- Anzahl der Ährchen/Pflanze,
- Anzahl der Blüten/Ährchen,
- Anzahl der Blüten/Nodium,
- Anzahl der Blüten/Pflanze,
- Anzahl der Körner/Blüte,
- Anzahl der Körner/Pflanze,
- mittleres Samengewicht/Korn,
- Gesamtkorngewicht/Pflanze.

Unter Berücksichtigung der Reihe wurde jeder einzelne Parameter einer zwei-faktoriellen Varianzanalyse unterzogen. Ein Einfluß der Reihen blieb vernachlässigbar.

3. Ergebnisse

Über alle Behandlungen hinweg trat deutliche Plastizität auf. In Abb. 1 sind die einzelnen Ebenen oder Stufen, auf denen plastisches Verhalten beobachtet worden ist, von der Gesamtpflanze bis zum Korn schematisch dargestellt. Am stärksten variierte die Ebene der Ährchen/Pflanze. Durch diese große Variabilität auf einer unteren Integrationsstufe kann auch die Plastizität von allen nachfolgenden Parametern bis hin zur Kornzahl/Pflanze beeinflusst werden.

Diese Variationen können endogenen Ursprungs oder durch äußere Einwirkung bedingt sein. Als typische vegetative Parameter, die sich bei experimenteller Verminderung der Bestandesdichte verändern, werden im folgenden das Gesamttrockengewicht/Pflanze und die Rispenzahl/Pflanze näher untersucht. Ausführliche Angaben befinden sich bei SCHREIBER (1990).

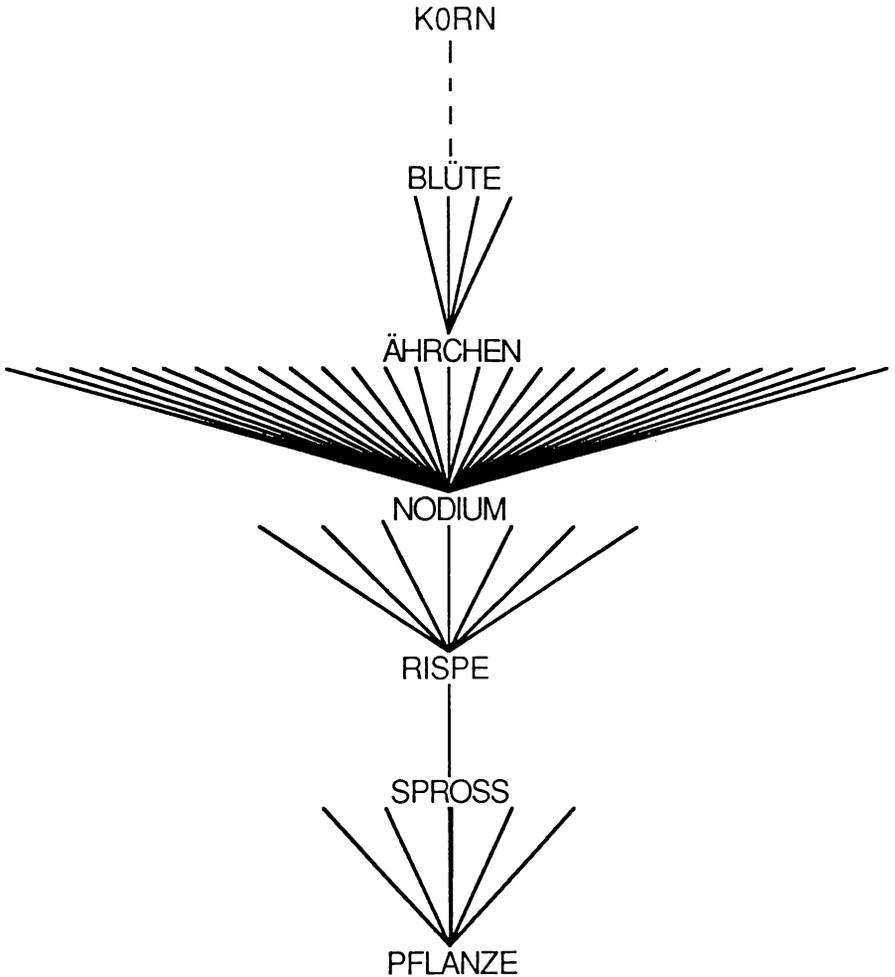


Abb. 1: Plastizitätsebenen bei *Avena sativa*. Darstellung der jeweils aufeinanderfolgenden Integrationsstufen von der Ebene "Sprosse/Pflanze" bis "Kornzahl/Blüte". Die Anzahl der Linien gibt die maximalen Streubreiten des Parameters über alle Behandlungen hinweg an. Die gestrichelte Linie weist auf die fakultative Beziehung zwischen Kornbildung und Blütenzahl hin (entweder wird ein Korn ausgebildet oder nicht).

3.1 Einfluß einer Dichtereduktion auf ausgewählte vegetative Parameter

Die sukzessive Ausdünnung führte bei allen Eingriffen im vegetativen Stadium (Abb. 2 a) zu einem signifikanten Anstieg des oberirdischen Trockengewichts. Das Optimum einer Ausdünnung lag bei 100 Pflanzen/m². Eine Ausdünnung im reproduktiven Stadium hatte keinen signifikanten Einfluß auf das Trockengewicht des Hafers.

Die Rispenzahl /Pflanze wurde durch unterschiedliche Grade einer Dichtereduktion sigifikant erhöht (s. Abb. 2 b). Je stärker der Grad der Ausdünnung war, desto mehr erhöhte sich die Rispenzahl. Auch hier ist die Ausdünnung nur im vegetativen Stadium effizient.

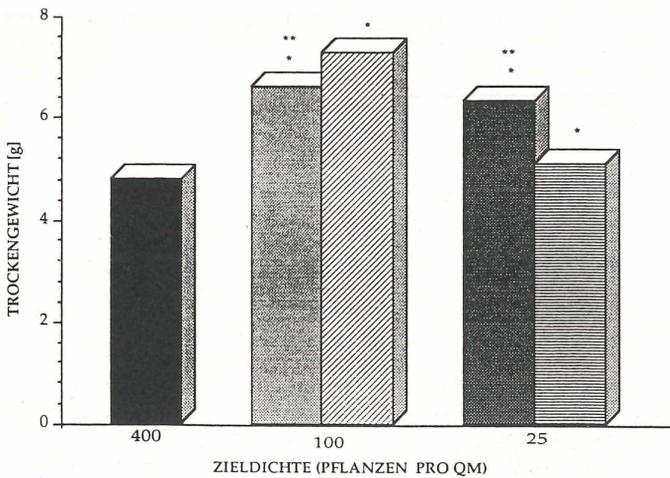


Abb. 2 a: Reduktion auf unterschiedliche Individuendichten während verschiedener Entwicklungsstadien. Es ist der Einfluß auf das Gesamttrockengewicht der oberirdischen Pflanzenteile dargestellt.

LEGENDE:

- KONTROLLE (unverändert), Behndl.-Kennz. 5
- ▒ VEGETATIVES STADIUM, Behndl.-Kennz. 1
- ▤ BLÜHENDES STADIUM, Behndl.-Kennz. 2
- ▣ VEGETATIVES STADIUM, Behndl.-Kennz. 3
- ▥ BLÜHENDES STADIUM, Behndl.-Kennz. 4

* signifikanter Unterschied des Dichtegrades gegenüber der Kontrolle;
 ** signifikanter Unterschied des Ausdünnungszeitpunkts gegenüber der Kontrolle
 (jeweils $p = 0,05$ -Niveau)

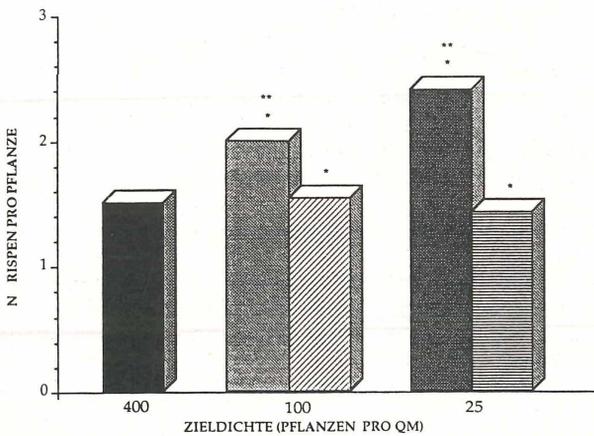


Abb. 2 b: Reduktion auf unterschiedliche Individuendichten während verschiedener Entwicklungsstadien. Es ist der Einfluß auf die Anzahl der Rispen/Pflanze dargestellt (Schraffuren und Symbole wie in Abb. 2 a).

3.2 Einfluß einer Dichtereduktion auf ausgewählte reproduktive Parameter

Im Bereich der reproduktiven Größen wurden die beiden Größen "Anzahl der Ährchen/Nodium" und "Gesamtkorngewicht/Pflanze" als typische Indikatoren der Reaktion auf Dichtereduktion ausgewählt. Obwohl die Anzahl der Ährchen/Nodium über alle Behandlungen hinweg am stärksten variierte (vgl. Abb. 1), blieben diese Schwankungen von den Ausdünnungen unbeeinflusst (s. Abb. 2 c). Das Gesamtkorngewicht/Pflanze wurde nur durch eine Ausdünnung im reproduktiven Stadium signifikant erhöht. Alle anderen Behandlungen hatten keinen Einfluß (s. Abb. 2 d).

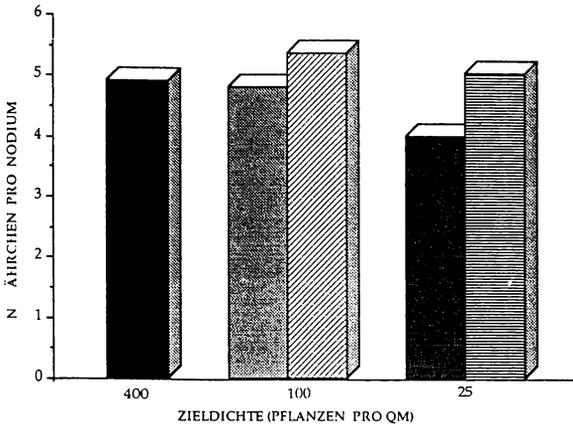


Abb. 2 c: Reduktion auf unterschiedliche Individuendichten während verschiedener Entwicklungsstadien. Es ist der Einfluß auf die Anzahl der Ährchen/Nodium dargestellt. (Schraffuren und Symbole wie in Abb. 2 a).

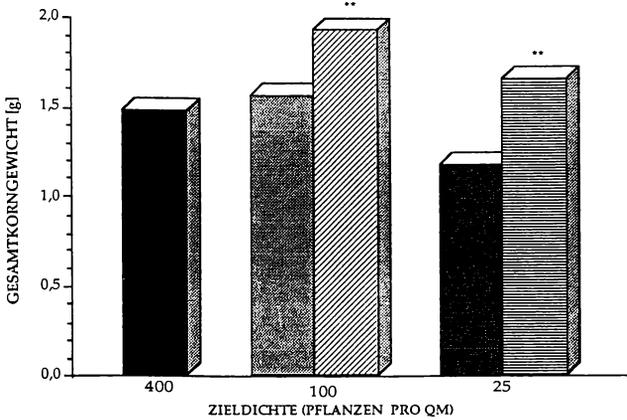


Abb. 2 d: Reduktion auf unterschiedliche Individuendichten während verschiedener Entwicklungsstadien. Es ist der Einfluß auf das Gesamtkorngewicht/Pflanze dargestellt. (Schraffuren und Symbole wie in Abb. 2 a).

Der Grad der Dichtereduktion hatte somit größeren Einfluß auf die vegetativen Parameter, während die reproduktiven Parameter stärker durch den Zeitpunkt der Reduktion beeinflußt wurden. Dabei waren der frühe und der späte Zeitpunkt von unterschiedlicher Bedeutung für das plastische Verhalten. Frühe Ausdünnung führte zu einer - meistens geringen - Abnahme der Plastizität, während späte Ausdünnung sowohl eine Steigerung als auch geringe Abnahme der Plastizität bewirken konnte.

4. Diskussion

Durch die Dichtereduktionen wird vermutlich die Nährstoffverfügbarkeit für die Versuchspflanzen erhöht. Dies führt zu einer Erhöhung der oberirdischen Biomasse (Abb. 2 a; ebenfalls zu sehen in Form höherer Rispenzahl/Pflanze: Abb. 2 b). Die durch Dichtereduktion veränderte Nährstoff- und Lichtverfügbarkeit ist aber auch vom Entwicklungsstadium der Pflanze abhängig, da dieses mitentscheidet, wie schnell Pflanzen sich in ihrer Umgebung ausbreiten können (vgl. HARPER 1977, ABRAHAMSON 1979, MCGREGOR 1981, SILVERTOWN 1987, MATTHIES 1990). Da der quantitative CO₂-Gewinn der Versuchspflanzen nicht ermittelt wurde, müssen hier aber nähere Erläuterungen zur Allokation offenbleiben.

Für die oberirdische Biomassenentwicklung von Hafer scheint es ein Optimum zu geben, das nicht mit der Aussaatdichte zusammenfällt. Dieses lag hier bei 100 Pflanzen/m² (s. Abb. 2 a). Demgegenüber wurde für die Rispenzahl/Pflanze auch bei weiter abnehmender Dichte keine weitere Zunahme beobachtet (Abb. 2 b).

Die Erhöhung des Gesamtkorngewichts zum späten Zeitpunkt stimmt mit den Befunden von HARPER (1977) überein, der unterschiedliche Pflanzen und ihre Lebensformen untersuchte. Die Dichte hatte bei *Avena sativa* nur geringen Einfluß auf das Gesamtkorngewicht (s. Abb. 2 d), obwohl die Plastizität der Ährchenzahl pro Pflanze besonders hoch war (Abb. 1). Ähnliches wurde auch von HODGSON & BLACKMAN (1957) für *Vicia faba* und von HERBERT (1979) für *Lupinus albus* und *L. angustifolius* beobachtet.

BONNETT (1966) und GEISLER (1983) zeigten aber, daß die Art der Veränderung eines Parameters infolge von Dichtereduktionen auf dasjenige Entwicklungsstadium der Pflanze hinweisen kann, zu dem die Reduktionen erfolgt sind.

MATTHIES (1990) beobachtete für die annuelle Ackerwildpflanze *Thlaspi arvense*, daß plastisches Verhalten von reproduktiven Elementen gleichermaßen durch Dichtereduktionen verschiedenen Ausmaßes wie durch Dichtereduktionen zu unterschiedlichen Entwicklungsstadien beeinflußt werden kann. Das trifft für *Avena sativa* nur insofern zu, als der Zeitpunkt der Ausdünnung die reproduktiven Parameter stärker beeinflußt als der Dichtegrad. Durch die landwirtschaftliche Selektion in Richtung einer hohen Kornzahl, eines hohen Rispengewichtes und niedriger Wuchshöhe wird die Plastizität bei *Avena sativa* L. erstaunlich wenig eingeschränkt. Das wurde auch bei Weizen *Triticum aestivum* (PUCKRIDGE 1986, YU & al. 1988) beobachtet.

Danksagung

Familie Frank (Himbach, Wetterau) danken wir herzlich für die Unterstützung dieser Arbeit mit privaten Sachspenden.

Literatur

- ABRAHAMSON, W. G., 1979: Patterns of resource allocation in wildflower populations of fields and woods. *Am. J. Bot.* 66 (1): 71-79.
- BONNETT, O. T., 1966: Inflorescences of maize, wheat, rye, barley and oats: their initiation and development. *Univ. Ill. Agric. Exp. Sta. Bull.* 721.
- GEISLER, G., 1983: Ertragsphysiologie von Kulturarten des gemäßigten Klimas. Paul Parey, Berlin: 284 S.
- HARPER, J. L., 1977: Population biology of plants. Academic Press, London: 592 S.
- HERBERT, S. J., 1979: Density studies on lupins. II. Components of seed yield. *Ann. Bot.* 43: 65-73.

- HODGSON, G. I. & G. E. BLACKMAN, 1957: Analysis of the influence of plant density on the growth of *Vicia faba* L. The significance of competition for light in relation to plant development at different densities. *J. Exp. Bot.* 8 (23): 195-219.
- LEE, T. D. & F. A. BAZZAZ, 1986: Maternal regulation of fecundity: non-random ovule abortion in *Cassia fasciculata* MICHX. *Oecologia* (Berlin) 68: 459-465.
- LLOYD, D. G., 1980: Sexual strategies in plants. I. An hypothesis of serial adjustment of maternal investment during one reproductive session. *New Phytol.* 85: 69-79.
- MARSHALL, C. & D. LUDLAM, 1989: The pattern of abortion of developing seeds in *Lolium perenne* L. *Ann. Bot.* 63: 19-27.
- MATTHIES, D., 1990: Plasticity of reproductive components at different stages of development in the annual plant *Thlaspi arvense* L. *Oecologia* (Berlin) 83: 105-116.
- McGREGOR, D. I., 1981: Pattern of flower and pod development in rape seed. *Can. J. Plant Sci.* 61: 275-282.
- PUCKRIDGE, P. W., 1968: Competition for light and its effects on leaf and spikelet development of wheat plants. *Austr. J. Agric. Res.* 19: 191-201.
- PYKE, D. A., 1989: Limited resources and reproductive constraints in annuals. *Funct. Ecol.* 3: 221-228.
- REINER, L., 1983: Hafer aktuell. DLG-Verlag, Frankfurt/Main: 151 S.
- SCHREIBER, M., 1990: Untersuchungen zur Plastizität verschiedener Wachstums- und Reproduktionsgrößen des Saathaferes *Avena sativa* L. als Reaktion auf sukzessive Dichteverminderung. *Dipl.Arb. TH Darmstadt*: 84 S.
- SILVERTOWN, J., 1987: Introduction to plant population ecology. Longman Publ. Harlow: 229 S.
- STEPHENSON, A. G., 1981: Flower and fruit abortion; Proximate causes and ultimate functions. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 12: 253-279.
- WEST-EBERHARD, M. J., 1989: Phenotypic plasticity and the origins of diversity. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 10: 249-278.
- YU, Z. W., VAN SANFORD, D. A. & D. B. EGLI, 1988: The effect of population density on floret initiation, development and abortion in winter wheat. *Ann. Bot.* 62: 295-302.

Adressen

Dipl.-Biol. Markus Schreiber
 PD Dr. Manfred Küppers
 Institut für Botanik (FB 10)
 Technische Hochschule Darmstadt
 Schnittspahnstr. 10

W - 6100 Darmstadt

Dipl.-Biol. Diethard Matthies
 Spezielle Botanik
 Ruhr-Universität
 Postfach 10 21 48

W - 4630 Bochum 1

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Verhandlungen der Gesellschaft für Ökologie](#)

Jahr/Year: 1991

Band/Volume: [20_2_1991](#)

Autor(en)/Author(s): Matthies Diethart, Schreiber Markus, Küppers
Manfred

Artikel/Article: [Charakterisierung der Plastizität verschiedener
Wachstums- und Reproduktionsgrößen von Avena sativa L. anhand
sukzessiver Dichteverminderung 959-965](#)