

**Institut für Pflanzenbau  
Professur für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung  
Prof. Dr. J. Léon**

---

**Vergleichende Bewertung der Ertragsfähigkeit und Faserqualität von  
Lein (*Linum usitatissimum* L.), Hanf (*Cannabis sativa* L.)  
und Fasernessel (*Urtica dioica* L.)  
zur Produktion hochwertiger Industriefasern**

**Inaugural-Dissertation  
zur  
Erlangung des Grades  
Doktor der Agrarwissenschaften  
(Dr. agr.)  
der  
Hohen Landwirtschaftlichen Fakultät  
der Rheinischen Friedrich-Wilhelms-Universität Bonn**

**vorgelegt am 06.02.2003  
von  
Dipl.-Ing. agr. Herbert von Francken-Welz  
aus Düsseldorf**

**(D98)**

|                                    |                                             |
|------------------------------------|---------------------------------------------|
| <b>Erster Berichterstatter:</b>    | <b>Prof. Dr. Jens Léon</b>                  |
| <b>Zweiter Berichterstatter:</b>   | <b>Prof. Dr.-Ing. Peter Schulze Lammers</b> |
| <b>Tag der mündlichen Prüfung:</b> | <b>25.04.2003</b>                           |

Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenbau

Band 4/2003

**Herbert von Francken-Welz**

**Vergleichende Bewertung der Ertragsfähigkeit und  
Faserqualität von Lein (*Linum usitatissimum* L.), Hanf  
(*Cannabis sativa* L.) und Fasernessel (*Urtica dioica* L.)  
zur Produktion hochwertiger Industriefasern**

D 98 (Diss. Universität zu Bonn)

Shaker Verlag  
Aachen 2003

Die Deutsche Bibliothek - CIP-Einheitsaufnahme

von *Francken-Welz, Herbert*:

Vergleichende Bewertung der Ertragsfähigkeit und Faserqualität von  
Lein (*Linum usitatissimum* L.), Hanf (*Cannabis sativa* L.) und Fasernessel  
(*Urtica dioica* L.) zur Produktion hochwertiger Industriefasern /

Herbert von Francken-Welz. Aachen : Shaker, 2003

(Schriftenreihe des Institutes für Pflanzenbau ; Bd. 2003,4)

Zugl.: Bonn, Univ., Diss., 2003

ISBN 3-8322-1595-6

Copyright Shaker Verlag 2003

Alle Rechte, auch das des auszugsweisen Nachdruckes, der auszugsweisen  
oder vollständigen Wiedergabe, der Speicherung in Datenverarbeitungs-  
anlagen und der Übersetzung, vorbehalten.

Printed in Germany.

ISBN 3-8322-1595-6

ISSN 1619-9456

Shaker Verlag GmbH • Postfach 101818 • 52018 Aachen

Telefon: 02407 / 95 96 - 0 • Telefax: 02407 / 95 96 - 9

Internet: [www.shaker.de](http://www.shaker.de) • eMail: [info@shaker.de](mailto:info@shaker.de)

## Abstrakt (in Deutsch)

### Vergleichende Bewertung der Ertragsfähigkeit und Faserqualität von Lein (*Linum usitatissimum* L.), Hanf (*Cannabis sativa* L.) und Fasernessel (*Urtica dioica* L.) zur Produktion hochwertiger Industriefasern

Für die Produktion von natürlichen Industriefasern stehen in Mitteleuropa die Arten Lein, Hanf und Fasernessel zur Verfügung. Ein Anbau von Naturfasern ist jedoch nur bei der Produktion hochwertigen Fasermaterials unter optimierten Anbauverfahren wettbewerbsfähig. Es wurde daher ein zweijähriger Leistungs- und Qualitätsvergleich der einheimischen Faserpflanzen vorgenommen und der Einfluss von Genotyp und Umwelt untersucht. Um Aufschluss über die Ertrags- und Qualitätsbildung im Abreifeverlauf zu bekommen, wurden zu unterschiedlichen Terminen innerhalb der Vegetationsperiode Proben genommen. Bei Hanf wurde zusätzlich in einem einjährigen Versuch der Einfluss verschiedener Standorte untersucht.

Faserleine und Industriefaserleine erzielen höhere Fasererträge als Ölleine. Industriefaserleine erreichen zwar nicht die Samenerträge der Ölleine, aber höhere Samenerträge als die Faserleine. Der Faserertrag steigt bei einer Erhöhung der Saatstärke an. Eine höhere Saatstärke führt außerdem zu feineren Fasern und einer Zunahme der feinheitsbezogene Höchstzugkraft. Steigende N-Düngung besitzt keinen Effekt auf den Faserertrag, erhöht aber das Lagerrisiko, und die mechanischen Festigkeiten nehmen ab. Die Fasererträge steigen bis zum Ende der Blüte an. Die mechanischen Eigenschaften verändern sich nach der Blüte nicht, so dass die Ernte zur Kapselreife durchgeführt werden kann.

Im Rahmen des Anbauversuchs mit Hanf konnten trotz der unterschiedlichen Böden auf den Standorten keine signifikanten Ertragsunterschiede ausgemacht werden. Auch unterschiedliche Saatstärken und Stickstoffgaben führten nicht zu höheren Erträgen. Es konnten aber Qualitätsunterschiede auf den unterschiedlichen Standorten ausgemacht werden. Auf lehmigen Böden wurden im Gegensatz zu Sandböden Fasern mit höheren Festigkeiten erzeugt. Bei Hanf erbringen spätreifere Genotypen höhere Fasererträge als die frühreiferen. Durch eine höhere Saatedichte wird der Faserertrag nicht erhöht, die Fasern besitzen jedoch die höheren Festigkeiten. Eine hohe N-Düngung erhöht die Fasererträge nicht, jedoch nimmt die mechanische Festigkeit der Fasern ab. Bei spätreifen Sorten kann der Faserertrag durch einen späten Erntetermin erhöht werden. Bei frühblühenden Sorten ist ab der Blüte kein höherer Faserertrag mehr zu erzielen.

Bei der Fasernessel erzielen Klone gegenüber Sämlingen höhere Fasererträge. Durch die Erhöhung der Pflanzdichten auf 5 Pflanzen/m<sup>2</sup> lassen sich die Faseranteile stark erhöhen und so ebenfalls der Faserertrag. Bei der höchsten Pflanzdichte erhält man die feinsten Fasern und höchsten Festigkeiten. Der Faserertrag nimmt im Laufe der Vegetationsperiode zu. Die Fasern werden feiner und belastbarer, wobei der Sämling bessere mechanische Eigenschaften besitzt als der Klon.

Lein besitzt die stärkste Variabilität in den ertragsbildenden Merkmalen in Abhängigkeit vom Jahr, wogegen Fasernessel die stabilsten Ertragsparameter aufweist. Dafür zeigt die Fasernessel jedoch die stärkste Variabilität bei den Qualitätsparametern. Beim Anbau von Hanf sind die höchsten Fasererträge zu erzielen. Die ertragsreichsten Faserleine erreichen allerdings die Leistung mittlerer Hanfsorten. Der Faserertrag der Fasernessel liegt aufgrund des geringen Faseranteils deutlich unter dem von Faserlein, Industriefaserlein und sogar von Öllein. Aus den qualitativen Differenzen zwischen den Fasern der drei Arten lassen sich Vorteile für unterschiedliche Einsatzbereiche ableiten.

## Abstract (in English)

### **Comparative evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.), hemp (*Cannabis sativa* L.), and fibre nettle (*Urtica dioica* L.) with regard to yield and fibre properties for the production of high-quality industrial fibre**

In Central Europe flax, hemp, and fibre nettle are generally available for the production of natural fibres for industrial use. However, cultivation of natural fibres is only competitive if growing methods are optimised and if the produced fibre is of high quality. Therefore, productivity and quality of the indigenous fibre crops were compared over a period of two years and the influences of genotypes and environment were examined. So as to gain information about yield and quality during maturation, various samples were taken within the vegetation period. For hemp, the influence of locational factors was scrutinised over a period of one year.

Flax, as well as short fibre flax, achieves higher fibre yields than linseed. The seed yield of short fibre flax falls behind that of linseed, but surpasses the seed yield of flax. The fibre yield rises with an increase of seed density. Higher seed density leads to finer fibres and increases the specific tensile strength of fibres. Raising the N-fertilisation does not affect the fibre yield but furthers the risk of lodging, while mechanical properties decrease. The fibre yield rises until the end of flowering. The mechanical properties do not change after blossom, so that the crop can be harvested at the point of capsular maturity.

Hemp trials showed no significant deviation in yield at different locations in spite of varying soil quality. Moreover, an increase in seed density and N-fertilisation did not result in higher yields. In contrast, the fibre quality was affected by soil properties, i.e. clay soils lead to a higher strength of fibres compared to sandy soil. Higher seed densities also improve the fibre strength, whereas high N-fertilisation diminishes the mechanical properties of fibres. Both factors have no effect on the yield. Late ripening hemp genotypes produced a higher fibre yield than early ripening varieties. This can be enhanced by a later date of harvest. Early flowering species do not achieve any increase in fibre yield after flowering.

With respect to fibre nettles, clones obtain a higher fibre yield than seedlings. By an increase of plant density with up to 5 plants/m<sup>2</sup> fibre content as well as fibre yield can be considerably enhanced. The fibre yield goes up during the vegetation period. The fibres become finer and more durable, while the mechanical properties of seedlings exceed those of clones.

Of all the species looked at, flax shows the highest variability of yield components depending on the year, whereas fibre nettle has the most constant parameters of yield. Fibre nettle, though, shows the highest variability in the parameters of quality. Generally, the cultivation of hemp achieves the highest fibre yield. However, the results of the highest-quality flax varieties can be compared to mediocre hemp species. Due to the low fibre content, the fibre yield of fibre nettle falls clearly behind the yield of flax, short fibre flax and even linseed.

Taking into account that the fibres differ in their quality, flax, hemp and fibre nettle are suitable for various use, whereby the production of each plant can be optimised for a best outcome.

## INHALTSVERZEICHNIS

|                                                                               |           |
|-------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ABSTRAKT (IN DEUTSCH).....</b>                                             | <b>I</b>  |
| <b>ABSTRACT (IN ENGLISH).....</b>                                             | <b>II</b> |
| <b>1. EINLEITUNG .....</b>                                                    | <b>1</b>  |
| 1.1 VERWENDUNGSMÖGLICHKEITEN VON NATURFASERN .....                            | 2         |
| 1.2 FASERPFLANZENARTEN .....                                                  | 3         |
| 1.3 FASERAUFSCHLUSS UND QUALITÄTSUNTERSUCHUNGEN VON FASERPFLANZEN .....       | 4         |
| 1.4 LEIN.....                                                                 | 8         |
| 1.5 HANF.....                                                                 | 13        |
| 1.6 FASERNESSEL .....                                                         | 17        |
| 1.7 ZIELE DER ARBEIT .....                                                    | 19        |
| <b>2. MATERIAL UND METHODEN .....</b>                                         | <b>21</b> |
| 2.1 VERGLEICHENDE BEWERTUNG DER FASERPFLANZEN LEIN, HANF UND FASERNESSEL..... | 21        |
| 2.1.1 <i>VERSUCHSSTANDORT</i> .....                                           | 21        |
| 2.1.2 <i>VERSUCHSAUFBAU</i> .....                                             | 23        |
| 2.1.3 <i>VERSUCHSDURCHFÜHRUNG</i> .....                                       | 27        |
| 2.2 EINFLUSS DES STANDORTES AUF ERTRAG UND QUALITÄT BEI HANF .....            | 28        |
| 2.2.1 <i>STANDORTE, VERSUCHSAUFBAU UND PROBENAHMEN</i> .....                  | 28        |
| 2.3 METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VEGETATIVER UND GENERATIVER MERKMALE.....       | 30        |
| 2.4 METHODEN ZUR UNTERSUCHUNG VON FASERQUALITÄTSMERKMALEN .....               | 35        |
| 2.5 HERSTELLUNG VON STÄNGELQUERSCHNITTEN .....                                | 38        |
| 2.6 STATISTISCHE AUSWERTUNG .....                                             | 38        |
| <b>3. ERGEBNISSE .....</b>                                                    | <b>46</b> |
| 3.1 GENOTYPISCHE VARIABILITÄT .....                                           | 46        |
| 3.1.1 <i>LEIN</i> .....                                                       | 46        |
| 3.1.2 <i>HANF</i> .....                                                       | 53        |
| 3.1.3 <i>FASERNESSEL</i> .....                                                | 58        |
| 3.2 ENTWICKLUNG UMWELTVERTRÄGLICHER ANBAUVERFAHREN.....                       | 63        |
| 3.2.1 <i>LEIN</i> .....                                                       | 63        |
| 3.2.2 <i>HANF</i> .....                                                       | 69        |
| 3.2.3 <i>FASERNESSEL</i> .....                                                | 74        |

|            |                                                                                |            |
|------------|--------------------------------------------------------------------------------|------------|
| 3.3        | ERNTETERMINE .....                                                             | 76         |
| 3.3.1      | LEIN.....                                                                      | 76         |
| 3.3.2      | HANF.....                                                                      | 82         |
| 3.3.3      | FASERNESSEL .....                                                              | 87         |
| 3.4        | EINFLUSS DES STANDORTES AUF ERTRAG UND QUALITÄT BEI HANF .....                 | 91         |
| 3.4.1      | STANDORT.....                                                                  | 91         |
| 3.4.2      | EINFLUSS VON STANDORT UND SAATSTÄRKE .....                                     | 93         |
| 3.4.3      | EINFLUSS VON STANDORT UND N-DÜNGUNG.....                                       | 96         |
| <b>4.</b>  | <b>DISKUSSION .....</b>                                                        | <b>99</b>  |
| 4.1        | JAHRESEFFEKTE .....                                                            | 99         |
| 4.2        | EINFLUSS DES STANDORTES AUF DEN ERTRAG UND DIE FASERQUALITÄT BEI HANF .....    | 101        |
| 4.3        | EINFLUSS DES GENOTYPS AUF DEN ERTRAG UND AUSGEWÄHLTE QUALITÄTSEIGENSCHAFTEN .. | 103        |
| 4.3.1      | LEIN.....                                                                      | 103        |
| 4.3.2      | HANF.....                                                                      | 104        |
| 4.3.3      | FASERNESSEL .....                                                              | 105        |
| 4.4        | EINFLUSS ANBAUTECHNISCHER MAßNAHMEN AUF DEN ERTRAG UND DIE FASERQUALITÄT ..... | 106        |
| 4.4.1      | LEIN.....                                                                      | 106        |
| 4.4.2      | HANF.....                                                                      | 107        |
| 4.4.3      | FASERNESSEL .....                                                              | 109        |
| 4.5        | EINFLUSS DES ERNTETERMINS AUF DEN ERTRAG UND DIE FASERQUALITÄT .....           | 109        |
| 4.5.1      | LEIN.....                                                                      | 109        |
| 4.5.2      | HANF.....                                                                      | 110        |
| 4.5.3      | FASERNESSEL .....                                                              | 111        |
| 4.6        | VERGLEICHENDE BEWERTUNG DER FASERPFLANZENARTEN .....                           | 112        |
| <b>5.</b>  | <b>ZUSAMMENFASSUNG .....</b>                                                   | <b>117</b> |
| <b>6.</b>  | <b>LITERATURVERZEICHNIS.....</b>                                               | <b>119</b> |
| <b>7.</b>  | <b>ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....</b>                                             | <b>124</b> |
| <b>8.</b>  | <b>TABELLENVERZEICHNIS.....</b>                                                | <b>126</b> |
| <b>9.</b>  | <b>ABKÜRZUNGSVERZEICHNIS.....</b>                                              | <b>130</b> |
| <b>10.</b> | <b>ANHANG.....</b>                                                             | <b>132</b> |