

**Zusammenfassung**

**Inhaltsverzeichnis**

**Gertrud Menzel**

**Verbreitungsdynamik und  
Auskreuzungspotenzial  
von *Brassica napus* L. (Raps)  
im Großraum Bremen**

**Basiserhebung zum Monitoring  
von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen**

**ISBN 3-89863-213-X**

**GCA-Verlag  
[www.gca-verlag.de](http://www.gca-verlag.de)**

Forschen und Wissen - Umweltwissenschaft

**Gertrud Menzel**

**Verbreitungsdynamik und Auskreuzungspotenzial  
von *Brassica napus* L. (Raps)  
im Großraum Bremen**

**Basiserhebung zum Monitoring  
von Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen**

D 46 (Diss. Universität Bremen)

**GCA-Verlag  
Waabs 2006**

**Bibliografische Information Der Deutschen Bibliothek**

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Copyright GCA-Verlag, Waabs 2006

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

Als Manuskript gedruckt. Printed in Germany.

ISSN 1618-7245

ISBN 3-89863-213-X

GCA-Verlag der GCA mbH, Brunoslust 44, D 24369 Waabs  
Telefon 04352/911464 - Telefax 04352/911532  
Internet: [www.gca-verlag.de](http://www.gca-verlag.de) - eMail: [info@gca-verlag.de](mailto:info@gca-verlag.de)

## ZUSAMMENFASSUNG

Der großflächige Anbau von gentechnisch verändertem Raps steht absehbar in Deutschland bevor, nachdem der rechtliche Rahmen für die Marktzulassung von gentechnisch veränderten Organismen abgesteckt ist. In der Freisetzungsrichtlinie 2001/18/EG der Europäischen Union (EU 2001) wurde verbindlich festgelegt, das Inverkehrbringen gentechnisch veränderter Pflanzen (GVP) mit einem Monitoring zu begleiten. Da das Eintreten von Umweltveränderungen nach dem kommerziellen Anbau von GVO nur dokumentiert und bewertet werden kann, wenn der Status quo ante bekannt ist, müssen vorab Referenzdaten erhoben werden.

Die im Rahmen des Projekts „Monitoring der Umweltwirkungen transgener Kulturpflanzen in Bremen und im Bremer Umland: Erfassung der Ausbreitungs- und Auskreuzungsdynamik von Raps (*Brassica napus* L.)“ erhobenen Daten geben Auskunft über die Verbreitung von Raps und von mit Raps eng verwandten Brassicaceae sowie über sein Auskreuzungspotenzial im Großraum Bremen. Die Erhebungen stellen eine „Baseline“ für künftige Untersuchungen dar: Auf insgesamt 570 km<sup>2</sup> wurden in den Jahren 2001 bis 2003 im Großraum Bremen floristische und populationsbiologische Erhebungen zum Vorkommen von *Brassica napus* und seinen potentiellen Kreuzungspartnern durchgeführt, die erstmalig auch quantitative Aspekte der Verbreitung dieser Arten darstellen.

Ruderalraps, Rapsbestände außerhalb der Anbauflächen, kommt sowohl im ländlichen Bereich als auch im urbanen Raum, in zum Teil großer Entfernung zu den Kulturflächen, häufig vor und zeigt ein vom Anbau unabhängiges Verbreitungsmuster mit durchschnittlich gut einem Fundort pro Quadratkilometer. Die Dichte der potenziellen Kreuzungspartner ist im urbanen Raum höher als im ländlichen Bereich. Hinsichtlich der Diversität bildet der städtische Bereich, insbesondere die Hafenable und Industriebrachen, sogar den Schwerpunkt.

Die Fundortdichte der untersuchten Arten scheint von Störungsereignissen und vom Klima entscheidend beeinflusst zu sein. Raps bildete an mehreren Standorten persistente Vorkommen. An Ruderalstandorten ist Raps in der Lage, keimfähige Diasporen auszubilden und somit vom hemerochoren Sameneintrag unabhängige, eigenständige Populationen aufzubauen. Im Bereich von Bahnanlagen, Industrie und Gewerbeflächen sowie anderen Standorten mit offenem Boden konnte er seinen Entwicklungszyklus am häufigsten erfolgreich abschlie-

ßen. Für die Etablierung von Raps außerhalb der Anbauflächen scheint eine offene bis lückige Vegetationsbedeckung Voraussetzung zu sein.

Ruderalraps und potenzielle Kreuzungspartner kommen an den gleichen Standorten und teilweise in unmittelbarer Nachbarschaft am selben Fundort vor. Die Entfernung zwischen den Fundorten lag bei durchschnittlich 250 m und damit eindeutig innerhalb der Pollenverbreitungsdistanz von Raps. Die Untersuchungen belegen, dass Raps während der gesamten Vegetationsperiode blühen kann. An Ruderalstandorten zeigte er ein vom Kulturraps abweichendes Blühverhalten, das als Verwilderungsmerkmal gedeutet wird. Das Verwilderungspotenzial von Raps erscheint aufgrund seiner biologischen Eigenschaften und ökologischen Interaktionen sowie der Nutzungsaspekte im Vergleich mit anderen Kulturpflanzen bereits als groß und wird hier erstmalig quantifiziert. Es entspricht in etwa dem Potenzial von annualen Segetal- und Ruderalarten (z.B. *Sinapis arvensis*, *Raphanus raphanistrum*).

Als Ausbreitungsvektoren für die Rapsbestände an Ruderalstandorten konnten vereinzelt Transportverluste und Erdaushub identifiziert werden. Hypothetisch kommen darüber hinaus unbeabsichtigter Ferntransport (adhäsives Anhaften von Samen an KFZ), Tiere, Feuerwerksraketen und das Ausstreuen von Vogelfutter in Frage. Feuerwerksraketen, in denen Rapssamen mit pyrotechnischen Materialien ummantelt als Granulationskerne eingesetzt werden, wurden im Rahmen dieser Arbeit zum ersten Mal untersucht und als Ausbreitungsvektor diskutiert.

Beim großflächigem Anbau von gentechnisch modifiziertem Raps im Untersuchungsgebiet ist damit zu rechnen, dass sich die Genkonstrukte in der Wildflora ausbreiten und langfristig persistieren. Hybridisierungen mit verwandten Arten sind sehr wahrscheinlich, da sich die Blühfenster von Raps und Kreuzungspartnern deutlich überschneiden. Es ist davon auszugehen, dass transgener Durchwuchsraps die Samenbank im Boden immer wieder mit gentechnisch veränderten Rapssamen auffüllt. Auf mit Herbiziden behandelten Flächen könnte herbizidresistenter Raps zum Problemunkraut werden, insbesondere wenn verschiedene Herbizidresistenzsysteme zum Einsatz kommen und Raps Mehrfachresistenzen ausbildet.

Die Untersuchungen zeigen, dass ein effektives Monitoring zur Erfassung von Umweltwirkungen gentechnisch veränderter Pflanzen nur unter Einbeziehung von Ruderalflächen in städtisch geprägten Bereichen, insbesondere von Hafengebieten, möglich ist.

bereichen mit Umschlag von Saat- und Erntegut sinnvoll ist. Angesichts des hohen Verbreitungspotenzials von Raps werden die Unkontrollierbarkeit und die fehlende Koexistenzfähigkeit von GV-Raps diskutiert.

## SUMMARY

The implementation of a legal framework for deliberate release and placement on the market of genetically modified organisms (GMO) specifies the conditions under which a commercialisation of transgenic crops is made possible (Directive 2001/18/EG, European Union 2001). This also provides the condition for a potential admission to grow genetically modified oilseed rape in Germany. Within the EU-Directive, the set-up of a monitoring framework was made binding, which evaluates potential adverse effects, either directly, indirectly, immediately, or delayed. In order to evaluate the environmental changes occurring after the commercial cultivation of GMOs, reference conditions must be established.

The project, "Monitoring of environmental effects of cultivated GM-plants in Bremen and its surrounding countryside 2000-2003" provided data which are useful as baseline information. The intention of the project was to gain an overview of abundances and co-occurrences of oilseed rape and potential hybridisation partners, which also represents the basis of this work. The study illuminates the dispersion pattern of oilseed rape and related Brassicaceae on farmland and beyond. Floristic and population-biological data of the occurrence of *Brassica napus* and related species as potential hybridisation partners were collected within the vicinity of Bremen covering an area of 570 km<sup>2</sup>.

Results from the study indicate that rape growing outside of the cultivated areas (feral populations), frequently occurs in both rural and urban areas, and also far-off oilseed fields. The average density of feral populations is approximately one occurrence per square kilometre, regardless of the distance to cultivation areas. It was also observed that potential hybridisation partners are more abundant in urban places than in rural areas. Similarly, species diversity is higher in the urban area, particularly in the harbour and industrial fallow regions.

The occurrence density of the examined species seems to be significantly affected by climate and disturbance events. At some locations, oilseed rape was able to persist several growing seasons. The study reveals that, at feral places, rape has the ability to develop viable diaspores and establish self-sustained

populations, independent from dispersal by e.g. seed losses during transportation after harvest. Adjacent to industrial areas and railway tracks as well as other locations with open soil, oilseed rape was found to complete its life cycle successfully. The recent study shows that, for the establishment of rape outside cultivated sites, an open area with a patchy vegetation cover is sufficient.

Results further indicate that feral oilseed rape and potential hybridisation partners partly occur at the same sites and in direct neighbourhood. The average distance between the rape sites was 250 m. This was within potential pollination distance of 4000 m. It was observed that oilseed rape can flower during the entire growing season, in particular at feral sites. The flowering was observed to differ from oilseed rape under cultivation. This was interpreted as a characteristic adaptation exhibited by many wild plants characteristic of early successional stages.

Transportation losses of harvested seeds and ground excavation translocating seeds from the soil seed bank were identified as considerable dispersion vectors of rape at feral sites. In addition, unintended long-distance transportation by motor vehicles (where diaspores get attached to the vehicles), firework rockets (where seeds of rape are coated with pyrotechnic materials to serve as granulation cores) and the dissemination by animals are discussed as potential additional dispersion mechanisms.

Assuming that transgenic oilseed rape will not substantially deviate from conventional oilseed in its dispersal potential, it can be concluded from the current dispersal pattern, that transgenic varieties are likely to spread into the natural flora and may persist for longer time spans allowing for self-organised hybridisation with feral and potentially weedy related species. Since the flowering windows of oilseed rape and its hybridisation partners overlap, hybridisation is likely possible. Within oilseed rape herbicide resistance is the most common genetical modification on crops. On sites treated with herbicides, the herbicide-resistant plants could become a problem.

The study indicates, that an effective monitoring for the recording of environmental effects of GMO is only meaningful, if urban feral sites, in particular harbour areas where seeds and harvested crop are transacted, are included. In view of the high potential for rape dispersal and low possibility for its control, the missing ability for coexistence of GM-Rape is discussed.

# INHALTSVERZEICHNIS

Prolog.....	5
Zusammenfassung.....	7
Summary.....	9
Inhaltsverzeichnis.....	11
Abbildungsverzeichnis.....	13
Tabellenverzeichnis.....	18
1. EINFÜHRUNG.....	21
1.1 Untersuchungsgegenstand: <i>Brassica napus</i> L. (Raps) und potenzielle Kreuzungspartner.....	25
1.1.1 <i>Brassica napus</i> L.....	25
1.1.2 Gentechnisch vermittelte Herbizidresistenz (HR).....	39
1.1.3 Verwandtschaft der Arten innerhalb der Familie Brassicaceae.....	42
1.2 Hypothesen.....	45
1.3 Ausgangsfragen.....	47
1.4 Untersuchungsgebiet.....	49
1.4.1 Geografische Lage.....	49
1.4.2 Auswahl der Untersuchungsflächen.....	50
1.4.3 Klima und Witterungsverlauf.....	52
1.5 Auswahl der zu kartierenden Arten.....	55
2. METHODEN.....	57
2.1 Floristische und populationsbiologische Erhebungen.....	57
2.2 Fernerkundung.....	59
2.3 Analyse der Fundstellen mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS).....	59
2.4 Rapssamenanalyse.....	60
2.5 Verbreitung von Rapssamen durch Feuerwerksraketen.....	61
2.6 Verbreitung von Rapssamen durch Vogelfutter.....	62
2.7 Statistische Auswertung.....	63
2.7.1 Bestimmung des Pollenverbreitungspotenzials.....	63
2.7.2 Analytische Statistik.....	63
2.7.3 Nearest-Neighbour-Verfahren.....	64
3. ERGEBNISSE.....	65
3.1 Floristische und populationsbiologische Erhebungen.....	65
3.1.1 Fundorthäufigkeiten.....	65
3.1.2 Individuen mit intermediären Merkmalsausprägungen.....	67
3.1.3 Mehrere Arten am selben Fundort.....	68
3.1.4 Pflanzenbestandsgrößen.....	72
3.1.5 Deckungsgrad der Arten an den Fundorten.....	75
3.1.6 Fundortgrößen.....	77
3.1.7 Vegetationsbedeckung.....	79
3.1.8 Phänologischer Zustand von Raps und Kreuzungspartnern.....	82
3.1.9 Vitalität.....	85
3.1.10 Anzahl der Blüten- bzw. Fruchtsände und Höhe der Pflanzen.....	87
3.1.11 Pollenverbreitungspotenzial.....	90
3.1.12 Standorttypen.....	91

3.1.13 Fundstellendichten und Verteilung.....	101
3.1.14 Diasporenproduktion von Durchwuchs- und Ruderalraps.....	104
3.2 Fernerkundung – Rapsanbau im Großraum Bremen.....	109
3.3 Fundstellenanalyse mit Hilfe eines geografischen Informationssystems.....	110
3.3.1 Gitternetzanalyse – Fundorthäufigkeiten und ihre Verteilung im Untersuchungsgebiet.....	110
3.3.2 Artendiversität – Gitternetzanalyse.....	116
3.3.3 Pollenverbreitungspotential.....	117
3.3.4 Verteilung der Fundstellen in Bezug zu den Ökologischen Raumklassen nach SCHRÖDER et al. 1999.....	120
3.3.5 Verteilung der Fundstellen in Bezug zu Bodentypen.....	125
3.3.6 Fundortanalyse auf dem Hintergrund von ATKIS.....	126
3.3.7 Raum-Zeit-Verteilung der Fundstellen.....	133
3.3.8 Entfernungen zu benachbarten Fundorten.....	138
3.4 Rapssamenanalyse.....	144
3.5 Verbreitung von Rapssamen durch Feuerwerksraketen.....	148
3.6 Verbreitung von Rapssamen durch Vogelfutter.....	151
4. DISKUSSION.....	153
4.1. Methodendiskussion.....	154
4.1.1 Floristische und populationsbiologische Erhebungen.....	154
4.1.2 Analyse der Fundstellen mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS).....	156
4.1.3 Fernerkundung – Rapsanbau im Großraum Bremen.....	156
4.1.4 Rapssamenanalyse.....	157
4.1.5 Verbreitung von Rapssamen durch Feuerwerksraketen.....	157
4.1.6 Verbreitung von Rapssamen durch Vogelfutter.....	158
4.1.7 Statistische Auswertung.....	158
4.2 Ergebnisdiskussion.....	159
4.2.1 Verbreitung.....	159
4.2.2 Verbreitungsdynamik.....	166
4.2.3 Hybridisierungspotenzial von Raps mit nah verwandten Brassicaceae.....	168
4.2.4 Ausbreitungspotenzial – Diasporenproduktion von Durchwuchs- und Ruderalraps.....	172
4.2.5 Fundstellenanalyse mit Hilfe eines Geografischen Informationssystem (GIS).....	173
4.2.6 Rapssamenanalyse.....	174
4.2.7 Ausbreitung von Rapssamen durch Feuerwerksraketen.....	176
4.2.8 Ausbreitung von Rapssamen durch Vogelfutter.....	177
4.3 Ruderale Rapsvorkommen und Ausbreitungsvektoren.....	178
4.4 Verwildерungspotenzial von Raps.....	182
4.5 Bedeutung der Ergebnisse in Bezug auf die Ausbreitung von GV-Raps.....	185
4.6 Monitoring.....	188
4.7 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse in Bezug zu den Ausgangsfragen.....	190
4.8 Forschungsbedarf und Perspektiven.....	194
4.9 Schlussbemerkung.....	196
5. LITERATUR.....	199