

Entwicklung einer maschinen- tauglichen Identifikationsmethode für Blütenpollen

W. Reisner, K. Gartlehner et al.

Berichte aus Energie- und Umweltforschung

24/2006

Impressum:

Eigentümer, Herausgeber und Medieninhaber:
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
Radetzkystraße 2, 1030 Wien

Verantwortung und Koordination:
Abteilung für Energie- und Umwelttechnologien
Leiter: DI Michael Paula

Liste sowie Bestellmöglichkeit aller Berichte dieser Reihe unter
<http://www.nachhaltigwirtschaften.at>
oder bei:

Projektfabrik Waldhör
Währingerstraße 121/3
1180 Wien

Entwicklung einer maschinen- tauglichen Identifikationsmethode für Blütenpollen

DI W. Reisner
Profactor Produktionsforschungs GmbH

Ing. Kurt Gartlehner
Austria Consult

Gerhard Kopf
IH-Tech Sondermaschinenbau

Florian Fritsch
Richter Pharma AG

Steyr, Februar 2004

Ein Projektbericht im Rahmen der Programmlinie



Impulsprogramm Nachhaltig Wirtschaften

Im Auftrag des Bundesministeriums für Verkehr, Innovation und Technologie

Vorwort

Der vorliegende Bericht dokumentiert die Ergebnisse eines Projekts aus der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT. Sie wurde im Jahr 2000 vom Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie im Rahmen des Impulsprogramms Nachhaltig Wirtschaften als mehrjährige Forschungs- und Technologieinitiative gestartet. Mit der Programmlinie FABRIK DER ZUKUNFT sollen durch Forschung und Technologieentwicklung innovative Technologiesprünge mit hohem Marktpotential initiiert und realisiert werden.

Dank des überdurchschnittlichen Engagements und der großen Kooperationsbereitschaft der beteiligten Forschungseinrichtungen und Betriebe konnten bereits richtungsweisende und auch international anerkannte Ergebnisse erzielt werden. Die Qualität der erarbeiteten Ergebnisse liegt über den hohen Erwartungen und ist eine gute Grundlage für erfolgreiche Umsetzungsstrategien. Anfragen bezüglich internationaler Kooperationen bestätigen die in FABRIK DER ZUKUNFT verfolgte Strategie.

Ein wichtiges Anliegen des Programms ist es, die Projektergebnisse – seien es Grundlagenarbeiten, Konzepte oder Technologieentwicklungen – erfolgreich umzusetzen und zu verbreiten. Dies soll nach Möglichkeit durch konkrete Demonstrationsprojekte unterstützt werden. Deshalb ist es auch ein spezielles Anliegen die aktuellen Ergebnisse der interessierten Fachöffentlichkeit zugänglich zu machen. Durch die Homepage www.FABRIKderZukunft.at und die **Schriftenreihe "Nachhaltig Wirtschaften konkret"** soll dies gewährleistet werden.

Dipl. Ing. Michael Paula
Leiter der Abt. Energie- und Umwelttechnologien
Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie

Inhaltsverzeichnis

1	Einseitige Kurzfassung:.....	6
1.1	Motivation:.....	6
1.2	Ziel	6
1.3	Methoden der Bearbeitung	7
1.4	Ergebnisse	7
2	Abstract (1 page):	8
2.1	Motivation:.....	8
2.2	Goal:.....	8
2.3	Methods:.....	8
2.4	Results:.....	8
3	Fünfsseitige Kurzfassung	9
3.1	Motivation:.....	9
3.2	Ziele des Projektes:	9
3.3	Inhalt:	10
3.4	Projektergebnisse:	13
3.5	Schlussfolgerung und Ausblick:	13
4	Abstract (5 pages):.....	14
5	Beschreibung:	19
5.1	Einleitung:.....	19
5.1.1	Vorarbeiten:	20
5.1.2	Schwerpunkte:	20
5.1.3	Einpassung in die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“:.....	20
5.2	Ziele des Projektes:	21
5.2.1	Zielerreichung:.....	22
5.3	Inhalte und Ergebnisse des Projektes:.....	22
5.3.1	Verwendete Methoden und Daten, Stand der Technik:.....	22
5.3.2	Sammeln und Trocknen von Testpollen:.....	22
5.3.3	Beantwortung grundlegender Fragestellungen zur Sensorik.....	23
5.3.4	Konzept zur Adaption der Sensorik.....	25
5.3.5	Mechanik.....	26
5.3.6	Test Sensorik.....	26
5.3.7	Software/Mathematik.....	27
5.3.8	Integrationstest.....	27
5.3.9	Weiterverarbeitung	27
5.3.10	Neuerungen, Vorteile:.....	29
5.3.11	Projektergebnisse:.....	29
5.3.12	Verwertung:	29
5.4	Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“.....	30
5.5	Schlussfolgerung und Ausblick:	31
5.6	Weiterführender Forschungsbedarf:.....	32
6	Literatur:	33
7	Anhang:.....	35



1 Einseitige Kurzfassung:

1.1 Motivation:

Blütenpollen ist ein hochwertiges Naturprodukt, das eine Vielzahl von potentiellen Anwendungen z.B. in der Medizin und Pharmazie aber auch als Nahrungsmittelbeigabe hat, wobei die genaue Wirkung auf den Menschen Inhalt von Forschungen im In- und Ausland ist. (Antiallergikum, Antibiotikum, Mittel gegen Depressionen,...). Um Blütenpollen in diesen Einsatzgebieten verwenden zu können, ist es aber notwendig, Pollen von großer Sortenreinheit (Blütenpollen einer oder weniger klar identifizierter Pflanzenarten) zu verarbeiten.

Weltweit werden derzeit jedoch nur Pollenmischungen verkauft, d.h. Blütenpollen die von mehreren Planzenarten stammen, da es weder eine Methode gibt, Pollen sortenrein in ausreichender Menge aus der Natur zu ernten, noch eine industrietaugliche Methode existiert, Blütenpollenmischungen mit großer Reinheit ($\geq 90\%$) zu sortieren.

1.2 Ziel

Das Ziel des Projektes ist es, ein **Verfahren zu entwickeln**, das Blütenpollen sortenrein herstellt, indem Mischungen von Pollenklumpen sortiert werden. Dazu ist es notwendig Methoden zu finden die es ermöglichen, die Sorte der Pollen mit der nötigen Genauigkeit zu erkennen (Sensorik) und mathematische Methoden zu entwickeln, um diese Sensorinformation zu verarbeiten und eine Klassifikation der Pollen zu ermöglichen.

1.3 Methoden der Bearbeitung

1. Entwickelt wurde eine Aufnahmetechnik zur Identifikation der Pollen. Besonderes Augenmerk galt der Klärung der Frage, welche Eigenschaften der Oberfläche von Pollenklumpen eine Identifikation erlauben.
2. Test der Sensorik an einer repräsentativen Stichprobe von Pollen.
3. Aufbau eines Sortierprototypen mit neuer Sensorik und vorhandener Sortiermechanik
4. Entwicklung und Implementierung von Klassifikationsalgorithmen zur Verarbeitung der Sensorsignale, zur Artenbestimmung und automatischen Trennung der Pollenarten.

1.4 Ergebnisse

1. Die spektrale Analyse repräsentativer Pollen ergab, dass eine Unterscheidung im Bereich des sichtbaren Lichtes möglich ist und zusätzliche Informationen im Bereich des IR oder UV keine deutliche Verbesserung der Unterscheidbarkeit ermöglichen. Daher wurde eine Sensorik im Bereich des sichtbaren Lichtes gewählt
2. Ein Sortierprototyp wurde gebaut, mit dem man eine größere Anzahl von Pollen am Sensor vorbeibewegen kann.
3. Mit Hilfe dieser Testumgebung wurden Testsätze von Pollen, welche am Bieneninstitut in Lunz am See (Doz. Pechhacker) händisch sortiert und bestimmt wurden, mit dem Sensor analysiert, um die Eigenschaften des Sensors zu testen.
4. Mit den daraus gewonnenen Daten wurden mathematische Methoden zur Erkennung gleicher Arten (Clustering) getestet. Insbesondere wurden spektrale Clustermethoden analysiert. Mit den Ergebnissen konnte ein Algorithmus formuliert werden, der zweistufig (Lernphase, Sortierphase) eine Trennung der Arten ermöglicht.

2 Abstract (1 page):

2.1 Motivation:

Bee pollen is a valuable natural product with a multitude of applications in medicine and pharmacy but also as an adjunct for food. The exact effect on humans is the subject of research work in Austria but also abroad.

In order to use the pollen in these fields, pollen with a high purity is required (pollen from clearly defined species).

Up to now only mixed pollen is available. This pollen is derived from many different plant species. The reason is the lack of a method to harvest a sufficient amount of pollen and a method to sort the pollen with purity higher than 90%.

2.2 Goal:

The goal of the project is to develop a method to sort the pollen. For this purpose, it is necessary to find a method to identify the sort of the pollen in the lumps and to develop mathematical methods to process the sensor data and to classify the pollen.

2.3 Methods:

1. Development of a recording technique for the pollen and the characterisation of the surface of the pollen
2. Test of the sensor with a sample of pollen
3. Development of a sorting prototype with the new sensor system and existing mechanics.
4. Development and implementation of classification algorithms for the processing of the sensor signals and for the separation of the pollen.

2.4 Results:

1. The spectral analysis of representative pollen showed that discrimination in the range of the visible light is possible and that information in the range of the infrared and ultraviolet light brings no additional information that can help to distinguish the pollen. Therefore, a sensor system using visible light was selected.
2. A sensor prototype was built to transport the pollen for the acquisition of signals from the sensor.
3. With this test environment, test samples of pollen that were sorted in the bee institute in Lunz am See have been analysed to determine the characteristics of the sensor system.

3 Fünfseitige Kurzfassung

3.1 Motivation:

Das Hauptnahrungsmittel der Bienen ist neben dem Nektar der Pollen. Bienen sammeln den Pollen in ihren Pollenkörbchen an den Hinterbeinen (siehe Abbildung). Imker ernten Pollen meist indem beim Flugloch des Bienenhauses Lochgitter angebracht werden. Bei der Durchquerung dieser fallen die Pollen von den Pollenkörbchen in Behälter ab. Diese von den Bienen gesammelte Pollenmischung von 2 bis 4 mm langen Pollenklumpen wird getrocknet und vermischt verkauft.



Diese Blütenpollen sind ein hochwertiges Naturprodukt, das eine Vielzahl von potentiellen Anwendungen z.B. in der Medizin und Pharmazie aber auch als Nahrungsmittelbeigabe hat, wobei die genaue Wirkung auf den Menschen Inhalt von Forschungen im In- und Ausland ist. (Antiallergikum, Antibiotikum, Mittel gegen Depressionen,...).

Trotz dieses hohen Potentials ist der Markt für diese Mischungen von Pollenhöschchen sehr klein, da die Wirkung auf Grund der **Mischung vieler Arten** schwer zu erforschen und zu spezifizieren ist. Um diesem nachwachsenden Naturprodukt einen breiten Markt zu erschließen, ist es notwendig, die Blütenpollen **nach ihren Arten zu sortieren**. Damit entsteht ein Produkt, das zur Zeit nirgends auf der Welt erhältlich ist, nämlich sortenreiner Blütenpollen. Es ergeben sich nicht nur zahlreiche Anwendungen im Bereich der Medizin und Pharmazie, sondern auch Anwendungen als Lebensmittel oder Lebensmittelbeigabe.



3.2 Ziele des Projektes:

Ziel des Projektes war es daher, ein Verfahren zu entwickeln, das Blütenpollen sortenrein herstellt, indem Mischungen von Pollenklumpen sortiert werden.

Dazu war es notwendig, Methoden zu finden, die es ermöglichen, die Sorte der Pollen mit der nötigen Genauigkeit zu erkennen (Sensorik) und mathematische Methoden zu entwickeln, um diese Sensorinformation zu verarbeiten und eine Klassifikation der Pollen zu ermöglichen.

Mit diesen Ergebnissen kann in der Folge eine Sortiermaschine automatisch die einzelnen Sorten voneinander trennen.

Insbesondere galt es die damit verbundenen **grundlegenden Fragestellungen** zu klären, wie:

- Welche Sensorik erlaubt es die spezielle Oberfläche mit der nötigen Auflösung und Geschwindigkeit zu erfassen?
- Welche mathematische Methode ist geeignet die Sensorsignale zu clustern und damit die Pollen zu klassifizieren?

Das Ergebnis ist somit ein Identifikationssystem für Blütenpollen, das zusammen mit einer vorhandenen Sortiermechanik automatisch eine Mischung von Pollenklumpen mit einer Genauigkeit von $\geq 90\%$ sortieren kann.

3.3 *Inhalt:*

Als Ausgangspunkt der Entwicklung konnten die Erkenntnisse aus dem ersten Projekt zur Entwicklung einer Sortiermaschine verwendet werden, die in einem Kooperationsprojekt im Rahmen des Lebensmittelclusters OÖ gebaut und patentiert wurde. Diese Maschine konnte mit dem nötigen Durchsatz Pollenklumpen greifen und in entsprechende Behälter ablegen.



Sortiertrommel besetzt mit Pollenklumpen

Das gegenständliche Projekt hatte folgende inhaltliche Schwerpunkte:

Schwerpunkt 1:

Entwicklung einer Aufnahmetechnik zur Identifikation der Pollen. Besonderes Augenmerk galt der Klärung der Frage, welche Eigenschaften der Oberfläche von Pollenklumpen eine Identifikation erlauben.

Auswahl/Modifikation einer Sensorik, die die Oberflächeneigenschaften der Pollen mit der nötigen Genauigkeit und Geschwindigkeit erfassen kann.

Schwerpunkt 2:

Test der Sensorik an einer repräsentativen Stichprobe von Pollen mit dem Aufbau eines Sortierprototypen.

Schwerpunkt 3:

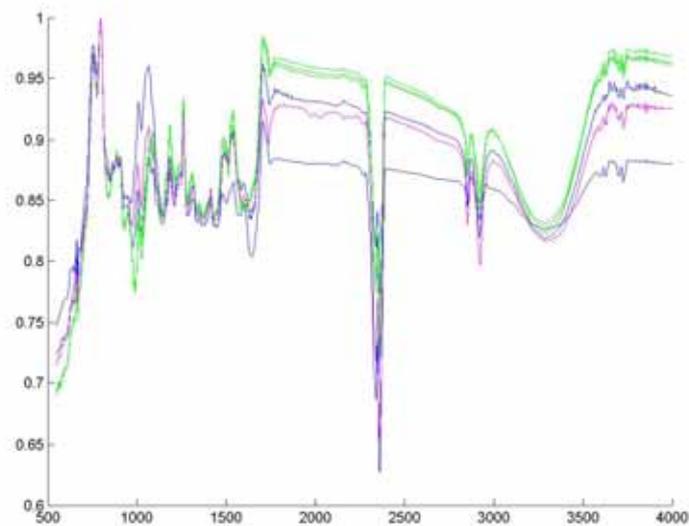
Entwicklung und Implementierung von Klassifikationsalgorithmen zur Verarbeitung der Sensorsignale und zur automatischen Trennung der Pollenarten.

Bearbeitung Schwerpunkt 1:

Zum Test der Sensorik standen Gemische verschiedenartiger Pollen zur Verfügung. Diese Pollengemische stammten von heimischen Imkern und wurden von der „österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit Landwirtschaftliche Untersuchung und Forschung Wien“ – Institut für Bienenkunde, Abteilung Bienenzüchtung A-3293 Lunz am See händisch sortiert.

Auf Basis dieser Testpollengemische wurden Spektren in unterschiedlichen Wellenlängenbereichen aufgenommen.

Die Spektren wurden sowohl im Infrarotbereich als auch im UV-Bereich (Absorption, Reflexion) aufgenommen. Mittels mathematischer Methoden wurde die Ähnlichkeit der Spektren verschiedener Pollenarten analysiert. Im Bereich des sichtbaren Lichtes wurden unterschiedliche Beleuchtungen (Halogen, Leuchstoffr., HQI, LED) verwendet.



Typische Infrarotreflexionsspektren mehrerer Pollenarten.

Bearbeitung Schwerpunkt 2:

Mit den Ergebnissen der Analysen aus Pkt.1 wurden Sensoren und Beleuchtungen ausgewählt und getestet, die die nötige Menge an Pollen aufzeichnen konnten und die nötige Auflösung zur sicheren Unterscheidung der Pollen besaßen.

Als Testumgebung diente eine vereinfachte Sortiertrommel mit Sensor- und Beleuchtungshalterung (siehe Abb.)

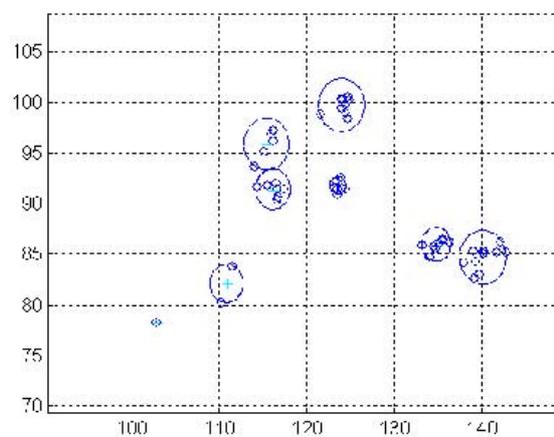


Testaufbau mit Zeilensensor

Bearbeitung Schwerpunkt 3:

Um die einzelnen Arten aus dem Sensorsignal erkennen zu können, sind spezifische mathematische Methoden notwendig, die diese Signal verarbeiten und zu Klassen gleicher Arten gruppieren (clustern).

Diese Algorithmen wurden in C++ implementiert und mit einer benutzerfreundlichen Bedienoberfläche versehen.



Sensorsignale werden in den R^n transformiert und geclustert

3.4 Projektergebnisse:

Der erste Schritt galt der Analyse der Unterscheidbarkeit der Pollen in verschiedenen Wellenlängenbereichen (UV, IR, VIS).

Hierfür wurden Testsätze von Pollen mit einem Spektrometer sowohl in Reflexion als auch in Transmission vermessen. Aus dem Vergleich der Spektren ging hervor, dass die Aufnahme und Auswertung von Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichtes keine weiteren Informationen für die Unterscheidung der Pollen liefert.

Im zweiten Schritt wurde ein Sensor im Bereich des sichtbaren Lichtes ausgewählt, der die speziellen Schwierigkeiten bei der Sortierung von Pollen bestmöglich löst. Diese Schwierigkeiten bestehen vor allem darin, dass eine große Menge an Pollen vor dem Sensor vorbeibewegt wird.

Um zu verhindern, dass eine Farbverzerrung durch diese Bewegung der Pollen auftritt, wurde ein Farbzeilensensor mit Beamsplittertechnologie verwendet.

Um diesen Sensor effizient testen zu können, wurde ein Testaufbau gebaut, mit dem man Pollen definiert vor dem Sensor vorbeibewegen konnte. Insbesondere war es möglich mit diesem Testaufbau der Einfluss der Beleuchtung (spektrale Zusammensetzung) zu erforschen.

Im dritten Schritt konnte ein Algorithmus entwickelt werden, der die Kennzahlen (features), die aus den Farben der Pollen berechnet werden, clustert (=Gleichartige gruppiert). Um diese „Clusterung“ durchführen zu können, wird eine Lernstichprobe aufgezeichnet. Die Daten dieser Lernstichprobe werden anschließend gruppiert (geclustert). Während des Sortiervorganges werden dann die aus den Pollen berechneten features, den Gruppen zugeordnet.

3.5 Schlussfolgerung und Ausblick:

Die Projektergebnisse sind von der technischen Qualität her ausreichend um die entwickelten Technologien in einer Sortiermaschine unmittelbar umzusetzen. Sowohl die Robustheit der verwendeten Module (Software, Hardware) als auch die Genauigkeit in der Farberkennung sind ausreichend, die schwachen Unterschiede der Pollen sicher zu erkennen.

Der genaue Prozentsatz der Sortenreinheit kann nach Fertigstellung der Maschine in umfangreichen Tests festgestellt werden. Diese Sortenreinheit hängt auch mit der Aufbereitung (Trocknung) und Lagerung der Pollen zusammen. Aufgrund der durchgeführten Tests ist aber eine Sortenreinheit >90% für Pollen aus einem abgegrenzten Erntezeitraum und einer definierten Region sichergestellt.

4 Abstract (5 pages):

Motivation:

Pollen is the principal food of the bees besides the nectar. Bees collect pollen by powdering their body with the pollen. Afterwards the bees clean themselves and store the pollen in pockets on the back legs.

Bee keepers gather the pollen lumps with a trap at the entrance of the bee hive. The pollen lumps are about 2 -4 mm long and are dried and sold in a mixed form.



This pollen is a valuable natural product with a multitude of applications in medicine and pharmacy but also as an adjunct for food. The exact effect on humans is the subject of research work in Austria as well as abroad.

In spite of this high potential, the market for mixtures of pollen is very small, because of the difficulties with the investigation of the effects of pollen mixtures. In order to develop new applications and markets it is necessary to sort the pollen according to the plant species. This creates a new product that is not available in the world up to now – sorted pollen. Numerous applications not only in medicine and pharmacy but also in the aliment industry are possible.



Goals of the project:

The goal of this project was to develop an identification method for usage in a sorting machine in order to obtain sorted pollen with a purity $>90\%$.

Such a method has not been available up to now and is therefore a missing link in the chain from the bee keeper to the consumer.

In order to reach this goal, it is necessary to find methods for the identification of the pollen (Sensor) and to develop mathematical methods to process the sensor data and classify the pollen.

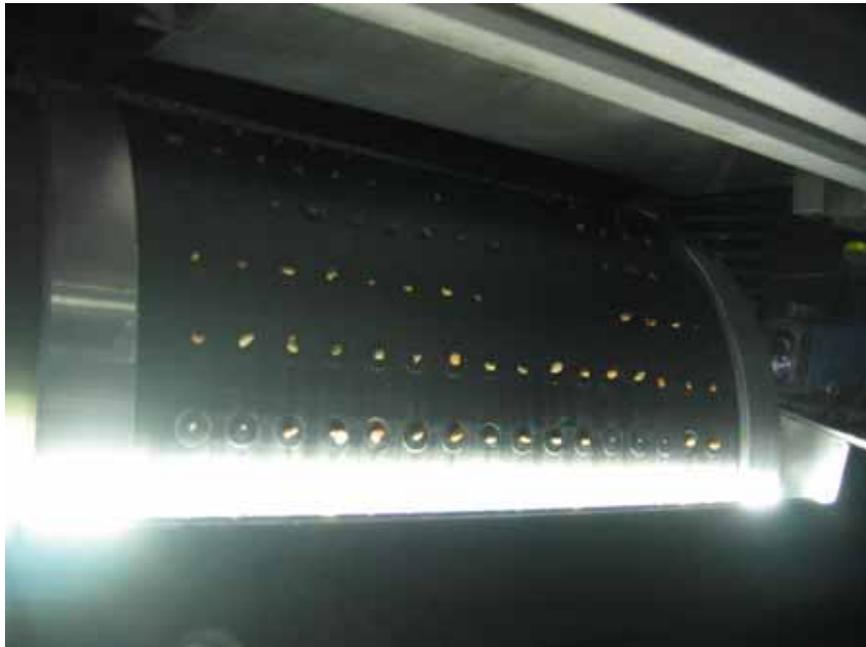
The following fundamental questions have been answered:

- Which sensor system is able to analyse the pollen surface with the necessary resolution and performance
- Which mathematical method can cluster the sensor signals and classify the pollen

Thus the result is an identification system for pollen that can, together with a sorting mechanism, automatically sort mixtures of pollen lumps with a purity $> 90\%$.

Contents of the work:

As a basis for the work the results of a project within the “Lebensmittelcluster OÖ” were used. The machine was patented and was able to grip and deposit pollen lumps with the necessary performance.



The project had the following key aspects:

Key aspect 1:

Development of a recording technique for the identification of the pollen.
Answering of the question which property of the surface of the pollen allows a good determination of the species.
Selection/modification of a suitable sensor system.

Key aspect 2:

Test of the sensor system with a representative sample of pollen with a test platform.

Key aspect 3:

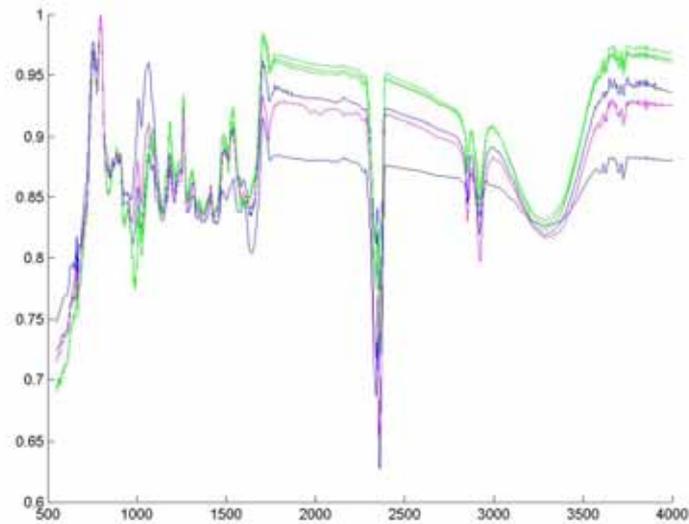
Development and implementation of classification algorithms to process the sensor signal and to automatically separate the pollen species.

Processing key aspect 1:

For the test of the sensor system, mixtures of different pollen species were available. These mixtures came from homelike bee keepers and were sorted by the „Österreichische Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit Landwirtschaftliche Untersuchung und Forschung Wien“ – Institut für Bienenkunde, Abteilung Bienenzüchtung A-3293 Lunz am See

On the basis of these mixtures, spectra with different wave-length were recorded.

The spectra were taken in the infrared, visible and ultraviolet range. Using mathematical methods, the similarity of the spectra were analysed. In the range of the visible light different illuminations were tested (Halogen, Fluorescent tube, HQI, LED).



Typical infrared spectra of different pollen species.

Processing key aspect 2:

With the results of key aspect 1 a sensor system and an illumination technique that was able to process the necessary amount of pollen with an adequate resolution, were selected.

As a suitable test system a simplified sorting drum with a sensor and illumination rack was built.

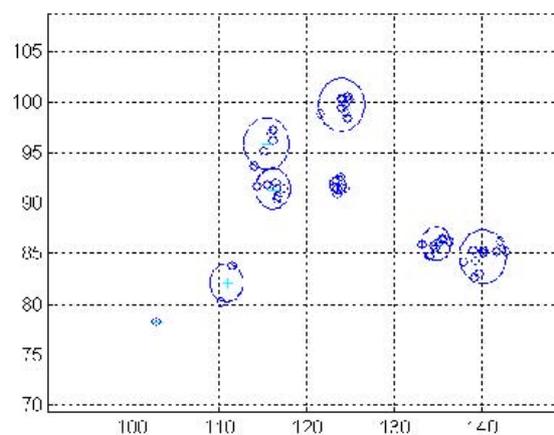


Test system with line sensor

Processing key aspect 3:

To extract the different species out of the sensor signal the development of specific mathematical methods were necessary. Such algorithms are called clustering algorithms.

The clustering algorithms were implemented in C++ und equipped with a user friendly graphical user interface.



Sensor signals are transformed into the R^n clustered

Project results:

The first step aimed for the analysis whether pollen can be distinguished by different wave lengths (UV, IR, VIS).

Therefore, test samples of Pollen were measured with a spectrometer by reflection as well as by transmission. A comparison of the spectra has shown that the admission as well as the analysis of the wave lengths outside visible light gave no information for the distinguished Pollen.

In the second step, a visible light sensor was selected to solve the difficulties which came up with the sorting of the Pollen. The reason for the difficulties is the huge amount of Pollen moved in front of the sensor. To avoid a colour distortion through the Pollen movement, a colour line sensor with beam splitter technology was used.

To efficiently test this sensor a test arrangement was set up to enable a well defined movement of the Pollen in front of the sensor. With this test set up especially the influence of illumination (spectral composition) could be investigated.

In the third step, an algorithm could be developed which clusters (=grouping similar types) the key data (features) dependent on the colour of the Pollen. In order to execute this clustering a learning random sample is recorded. The data of this random sample is grouped (clustered) thereafter. During the sort run the features calculated from the Pollen are assigned to groups.

Conclusion and Prospect

The results of the project are sufficient in technical quality to directly relate the developed technologies to a sorting machine. The robustness of the used modules (Software, Hardware) as well as the accuracy of the colour detection is sufficient to detect even the smallest Pollen differences.

The exact percentage of the purity grade can be established by extensive testing after finishing the instrument. This purity grade also depends on the preparation (drying) and storage of Pollen. Because of the finished tests the purity grade >90% for Pollen of a limited harvesting period and a defined region will be guaranteed.

5 Beschreibung:

5.1 Einleitung:

Das Hauptnahrungsmittel der Bienen ist neben dem Nektar der Pollen. Bienen sammeln Blütenpollen, indem sie ihren Körper mit diesem einpudern. Danach beginnen sich die Bienen zu putzen und speichern den Pollen in ihren Pollenkörbchen an den Hinterbeinen, indem sie diesem etwas Honig beimischen (Bild rechts). Die heimkehrenden Bienen sehen aus als ob sie Höschchen an hätten, weshalb diese auch so benannt werden. Imker ernten Pollen meist indem beim Flugloch Lochgitter angebracht werden. Bei der Durchquerung dieser fallen die Pollen von den Pollenkörbchen in Behälter ab. Die von den Bienen gesammelten 2 bis 4 mm langen Pollenklumpen werden getrocknet und vermischt verkauft.



Der Pollen beinhaltet ca. 4% Wasser (getrocknet), 15 -35% Kohlenhydrate (Zucker), ca. 5% Lipide (Fette), 6 - 35% Proteide davon ein großer Anteil von Aminosäuren (Aspartansäure, Glutaminsäure, Alanin, Arginin, Cystin,...), Mineralstoffe, Provitamin A, Vitamin B1, B2, B6, B12, Vitamin C, D, E, Enzyme und Fermente. Er ist ein spezielles Nahrungsmittel, und es sind viele therapeutische Wirkungen beschrieben worden (Antiallergikum, Antibiotikum, Mittel gegen Depressionen, s. Bspw.^{1 2 3 4}). Besonders in der Allergieforschung spielen Blütenpollen eine entscheidende Rolle, da für ca. 48% aller Allergien beim Menschen Blütenpollen verantwortlich gemacht werden.



Trotz dieses hohen Potentials ist der Markt für diese Mischungen von Pollenhöschchen sehr klein, da die Wirkung auf Grund der **Mischung vieler Arten** schwer zu erforschen und zu spezifizieren ist. Um diesem nachwachsenden Naturprodukt einen breiten Markt zu erschließen, ist es notwendig, die Blütenpollen **nach ihren Arten zu sortieren**. Damit entsteht ein Produkt, das zur Zeit nirgends auf der Welt erhältlich ist, nämlich sortenreiner Blütenpollen. Es ergeben sich nicht nur zahlreiche Anwendungen im Bereich der Medizin und Pharmazie, sondern auch Anwendungen als Lebensmittel oder Lebensmittelbeigabe, da der Pollen (Bild rechts) ein hochwertiges Naturprodukt ist.

¹ Burgett, D.M. (1978) - *Antibiotic systems in Honey, Nectar and Pollen*.

R.A. Morse (ed). *Honey bee pests, predators and diseases*. Comstock; Ithaca, N.Y.; pp 297-308.

² Dumitriu, I., Balica, G., Purcaru, F., Brasoveanu, L., Avrămoiu, S. (1979) (Romania) - Comparative study by a I.k.b.8600 analyser of enzymatic cinetics on the **enzyme content of monoflora honey and pollen** (from Oltenia), in the XXVII-Th. Apimondia Congress, Athens, Greece, p.485 (***)

³ Lee, H. William (1983) (USA) - *Bee Pollen. Super Energy-Super Nutrition*.

Pine Grove Pamphlet Division of Keats Publishing, Inc. New Canaan, Connecticut ISBN 0-87983-353-X.16 pp.(***).

⁴ Hakim, H. (1987) (France) - *Le pollen: Aliment -Medicament*. (les radicaux libres; la beta-endorphine). UNAF.

Das Ziel des Projektes war es daher, ein maschinentaugliches **Identifikationsverfahren** für eine Sortiermaschine zu entwickeln, um sortenreine ($\geq 90\%$) Blütenpollen herstellen zu können.

Ein solches Verfahren existiert zur Zeit nicht, und stellt damit eine Art „**Missing-Link**“ in der Kette vom Pollensammler (Imker) bis hin zum Konsumenten dar.

Um dieses Ziel zu erreichen ist es notwendig Methoden zu finden, die es ermöglichen, die Sorte der Pollen mit der nötigen Genauigkeit zu erkennen (Sensorik) und mathematische Methoden zu entwickeln, um diese Sensorinformation zu verarbeiten und eine Klassifikation der Pollen zu ermöglichen.

5.1.1 Vorarbeiten:

In einem Kooperationsprojekt im Rahmen des Lebensmittelclusters OÖ wurde eine Sortiermaschine gebaut und patentiert, die die Pollenklumpen greifen und in entsprechende Behälter ablegen kann. Diese Sortiermaschine benützte allerdings handelsübliche Farbsensoren, die nicht geeignet waren, um eine Sortenreinheit von $\geq 90\%$ zu erreichen.

Aufbauend auf den Erkenntnissen dieses Projektes war es nach der Beantwortung grundlegender Fragen zur Sensorik und zu den Algorithmen die erwähnte Innovation möglich.

5.1.2 Schwerpunkte:

Schwerpunkt 1:

Entwicklung einer Aufnahmetechnik zur Identifikation der Pollen. Besonderes Augenmerk galt der Klärung der Frage, welche Eigenschaften der Oberfläche von Pollenklumpen eine Identifikation erlauben. Auswahl/Modifikation einer Sensorik, die die Oberflächeneigenschaften der Pollen mit der nötigen Genauigkeit und Geschwindigkeit erfassen kann.

Schwerpunkt 2:

Test der Sensorik an einer repräsentativen Stichprobe von Pollen mit dem Aufbau eines Sortierprototypen.

Schwerpunkt 3:

Entwicklung und Implementierung von Klassifikationsalgorithmen zur Verarbeitung der Sensorsignale, zur automatischen Trennung der Pollenarten.

5.1.3 Einpassung in die Programmlinie „Fabrik der Zukunft“:

Der Einsatz von „bienengesammelten“ Pollen wird durch die Vermischung verschiedener Pflanzenarten erschwert. Kann dieses technische Problem gelöst werden, können neue Produkte aus Pollen entstehen.

Daher entwickelt das gegenständliche Projekt Technologien zur Überbrückung eines „Missing Links“ in der Produktionskette nachwachsender Rohstoffe.

Bisher konnten die Pollenhöschchen von den Imkern nicht oder nur sehr wenig genutzt werden. Durch die Sortierung kann dieser wertvolle, nachwachsende Rohstoff nun

sehr effizient und nutzbringend für die ganze Gesellschaft verwendet werden. Diese Nutzenorientierung und Nutzung nachwachsender Ressourcen stellt eine wichtige Basis nachhaltiger Technologieentwicklung dar.

Das Sammeln, Trocknen und Sortieren der Pollenhöschen ergibt beinahe keine Belastung der Umwelt, weil nur geringste Mengen an Energie dazu notwendig sind. Insbesondere stellt das Sammeln der Pollenhöschen durch die Bienen einen natürlichen und damit sehr effizienten Vorgang dar. Weiters existiert bis auf die Sortiermaschinen die gesamte Infrastruktur, um diesen Rohstoff zu erzeugen, zu verarbeiten und zu vertreiben. Diese Schonung von Ressourcen und Energie stellt ebenfalls eine wichtige Voraussetzung für nachhaltige Technologieentwicklung dar.

Darüberhinaus sind gerade Regionen, die wirtschaftlich benachteiligt sind (Alpenregion ...), aufgrund ihrer einzigartigen Landschaft und Sauberkeit der Umwelt in der Lage diesen Rohstoff in höchster Qualität anzubieten.

Damit ist insbesondere das Prinzip der Sicherung von Arbeit und der Erhöhung der Lebensqualität von diesem Projekt in hohem Maße erfüllt.

5.2 Ziele des Projektes:

Weltweit können derzeit nur Pollenmischungen verarbeitet werden, d.h. Blütenpollen die von mehreren Pflanzenarten stammen, da es weder eine Methode gibt Pollen sortenrein in ausreichender Menge aus der Natur zu ernten, noch eine industrietaugliche Methode existiert, Blütenpollenmischungen mit großer Reinheit ($\geq 90\%$) zu sortieren.

Ziel des Projektes war es daher, ein Verfahren zu entwickeln, das Blütenpollen sortenrein herstellt, indem Mischungen von Pollenklumpen sortiert werden.

Dazu war es notwendig, Methoden zu finden, die es ermöglichen, die Sorten der Pollen mit der nötigen Genauigkeit zu erkennen (Sensorik) und mathematische Methoden zu entwickeln, um diese Sensorinformation zu verarbeiten und eine Klassifikation der Pollen zu ermöglichen.

Mit diesen Ergebnissen kann in der Folge eine Sortiermaschine automatisch die einzelnen Sorten voneinander trennen.

Insbesondere galt es die damit verbundenen **grundlegenden Fragestellungen** zu klären, wie:

- Welche Sensorik erlaubt es die spezielle Oberfläche mit der nötigen Auflösung und Geschwindigkeit zu erfassen?
- Welche mathematische Methode ist geeignet die Sensorsignale zu clustern und damit die Pollen zu klassifizieren?

Das Ergebnis ist somit eine Trenneinrichtung für Blütenpollen, das zusammen mit einer vorhandenen Sortiermechanik automatisch eine Mischung von Pollenklumpen mit einer Genauigkeit von $\geq 90\%$ sortieren kann.

5.2.1 Zielerreichung:

Das Ziel, die Grundlagen für eine Sortiermaschine zu erarbeiten, konnte erreicht werden.

Es konnte also für beide Teilziele (Sensorik, Algorithmen) eine Lösung gefunden werden, die einerseits die Extraktion von Merkmalen aus dem Spektrum der Pollen ermöglicht, andererseits die Gruppierung der Merkmale zu Clustern (=>Pflanzenarten) möglich macht.

Besonderes Augenmerk wurde dabei auf die Industrietauglichkeit der verwendeten Materialien und Methoden gelegt, da eine Sortiermaschine für Pollen einen breiten Einsatz ermöglichen soll.

5.3 Inhalte und Ergebnisse des Projektes:

5.3.1 Verwendete Methoden und Daten, Stand der Technik:

Als Ausgangspunkt der Entwicklung konnten die Erkenntnisse aus dem ersten Projekt zur Entwicklung einer Sortiermaschine verwendet werden, die in einem Kooperationsprojekt im Rahmen des Lebensmittelclusters OÖ gebaut und patentiert wurde. Diese Maschine konnte mit dem nötigen Durchsatz Pollenklumpen greifen und in entsprechende Behälter ablegen.

Im Folgenden werden die einzelnen Schritte des Projektes detailliert beschrieben:

5.3.2 Sammeln und Trocknen von Testpollen:

Ziel dieses Arbeitsschrittes war es, eine repräsentativen Stichprobe sortenreiner Pollen zu erstellen um die Sortiererergebnisse beurteilen zu können und die Sensorik zu testen:

Dazu standen Gemische verschiedener Pollen zur Verfügung (siehe Anhang). Diese Pollen wurden Profactor von Austria Consult am Beginn des Projektes übergeben. Diese Pollengemische wurden vom Verein Wabe zeitlich getrennt gesammelt und stammten aus dem Ennstal (**Anhang 1** Inhalt der Pollengemische). Die Bestimmung der Art wurde von der „österreichischen Agentur für Gesundheit und Ernährungssicherheit Landwirtschaftliche Untersuchung und Forschung Wien“ – Institut für Bienenkunde, Abteilung Bienenzüchtung A-3293 Lunz am See durchgeführt.

Als weitere Grundlage für die Arbeiten im Projekt wurden die Erkenntnisse über die Farbzusammensetzung von Pollen herangezogen.

Diese Erkenntnisse basieren meist auf einer integralen Darstellung des Spektrums die der menschlichen „Farbauswertung“ entspricht. Das Spektrum wird dabei in drei Farbbereiche rot, grün und blau aufsummiert und gewichtet. Diese drei Grundfarben entsprechen der Empfindlichkeit von drei Gruppen von Zellen im menschlichen Auge.

Um von der Intensität des reflektierten Lichtes bei einer Farbmessung unabhängiger zu sein, wird in technischen Anwendungen häufig das HSI Modell verwendet, in dem die Farbinformation in den beiden Dimensionen Hue und Saturation dargestellt wird und die Intensität im Kanal Intensity.

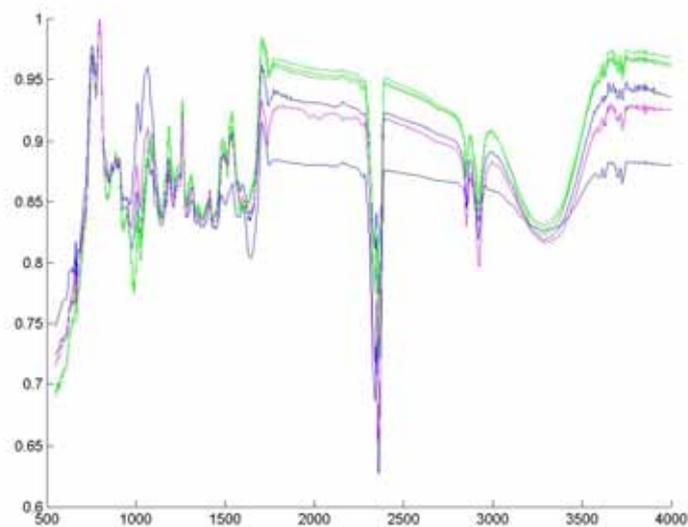
Für zahlreiche Pflanzenarten existierten in der einschlägigen Literatur (siehe William Kirk: A colour guide to pollen loads of the honey bee) bereits Farbtabelle, die auf dem HSI System oder verwandten Farbdarstellungen beruhen.

5.3.3 Beantwortung grundlegender Fragestellungen zur Sensorik.

In diesem Arbeitsschritt wurde eine Sensortechnologie ausgewählt, die es erlaubt, die Pollen mit der nötigen Geschwindigkeit und Auflösung zu erfassen, um eine Trennung nach Pflanzenarten zu ermöglichen.

Mit den Testpollengemischen wurden Spektren sowohl im Infrarotbereich als auch im UV-VIS-Bereich (Absorption, Reflexion) aufgenommen. In den folgenden Diagrammen sind die Ergebnisse verschiedener Aufnahmetechniken dargestellt. Auf der X-Achse ist jeweils die Wellenlängen in nm und auf der Y-Achse der entsprechende Reflexions- bzw. Absorptionsgrad dargestellt.

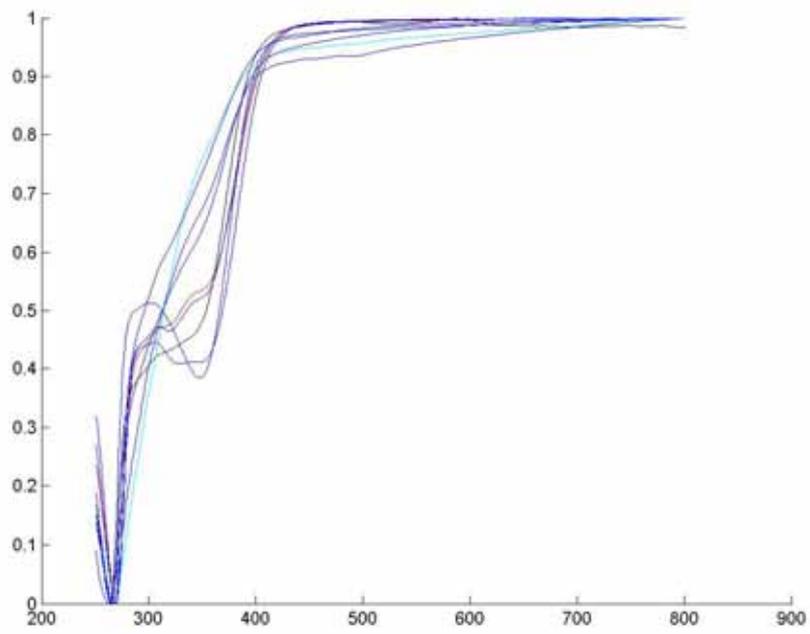
Die Infrarotspektren wurden mit einem Brucker Tensor 37 (KBr-Strahlteiler, DTGS-Detektor, Auflösung 2cm^{-1}) aufgenommen.



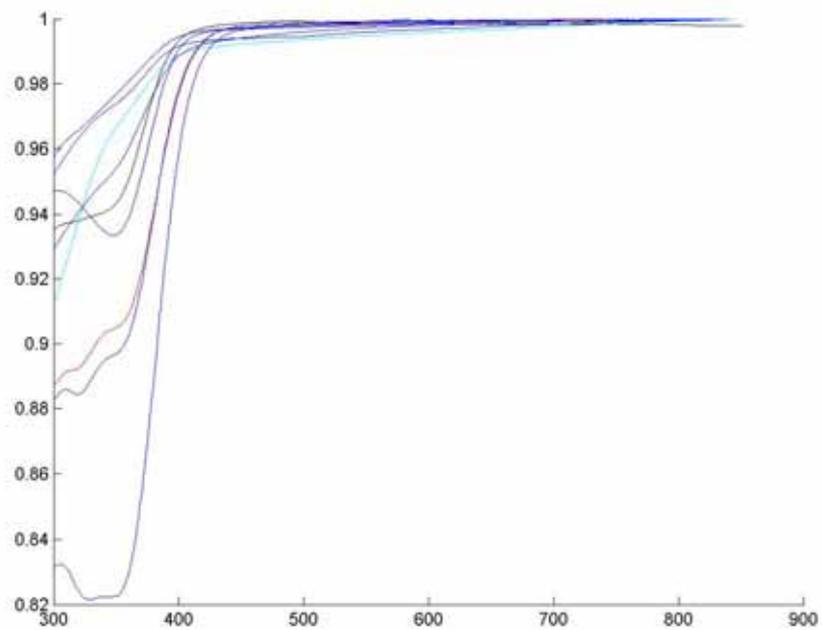
Typische Infrarotspektren von 6 verschiedenen Pollenarten.

Mit Infrarotspektren können zum Teil sehr genaue stoffliche Analysen von Gemischen durchgeführt werden. Allerdings können die Unterschiede der Spektren im Detail nur mit mathematischen Analysemethoden ermittelt werden. Eine gängige Methode Spektren zu klassifizieren ist die PCA (Principal Component Analysis). Mit dieser Methode konnten keine signifikanten Unterschiede im Spektrum der untersuchten Pollenarten ermittelt werden, die den technischen Aufwand der Aufnahme des IR-Spektrums in einer Sortiermaschine rechtfertigen würde.

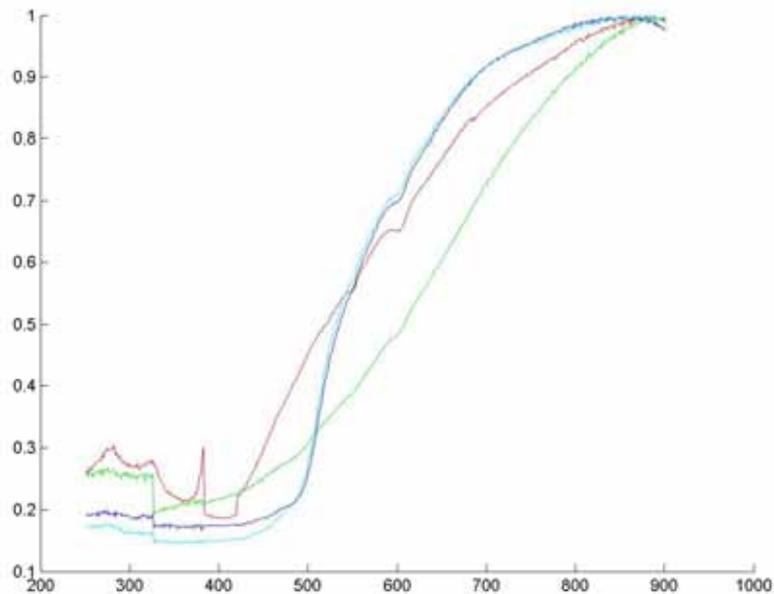
Die UV-VIS Spektren wurden mit einem Perkin Elmer Lambda 25 (Auflösung 2nm) erstellt. Die Spektren wurden sowohl in Reflexion als auch in Absorption aufgenommen. Für die Reflexionsmessung wurde eine Integrationskugel verwendet.



Reflexionsspektrum (UVB/A-VIS) von 9 Pollenarten.



Detailansicht UVA, VIS



VIS in Absorption

Die UV-VIS Spektren zeigen eine deutliche Unterscheidbarkeit der Pollenarten, allerdings keine charakteristischen Bereiche in denen einzelne Arten besonders auffällig sind. Die Informationen die aus diesen Spektren gewonnen werden können sind somit nicht aussagekräftiger als die drei integralen Größen R,G,B, die von einem gewöhnlichen CCD Farbsensor ermittelt werden. Daher wurde für weitere Tests mit entsprechenden Beleuchtungen und CCD Sensoren getestet

Für die Testaufnahmen im Bereich des sichtbaren Lichtes wurde ein Farbzeilensensor mit Beamsplitter verwendet, sowie eine Matrixkamera mit 3-Chip CCD Technologie. Testpollensätze wurden mit diesen Sensoren unter verschiedenen Beleuchtungen aufgenommen (Halogen, Leuchtstoffröhre, HQI, LED)

Die aufgenommenen Sensorsignale wurden auf ihre Eigenschaften zur Trennung der einzelnen Pollensorten untersucht. Dazu wurden die Signale in Matlab visualisiert und ausgewertet.

Ergebnis:

Die Einbeziehung des Spektrums außerhalb des sichtbaren Lichtes bringt wenig neue Erkenntnisse. Insbesondere konnten keine charakteristischen Linien im Spektrum gefunden werden, die unmittelbar auf bestimmte Pflanzenarten schließen ließen. Die Betrachtung des Infrarotspektrums kann zwar bei der Aufklärung der stofflichen Zusammensetzung Informationen liefern, die Erfassung dieses Spektrums in einer Sortiermaschine ist aber aufwendig und teuer.

5.3.4 Konzept zur Adaption der Sensorik

Die Aufgabe dieses Arbeitsschrittes war es einen konkreten Sensor auszuwählen und zu testen.

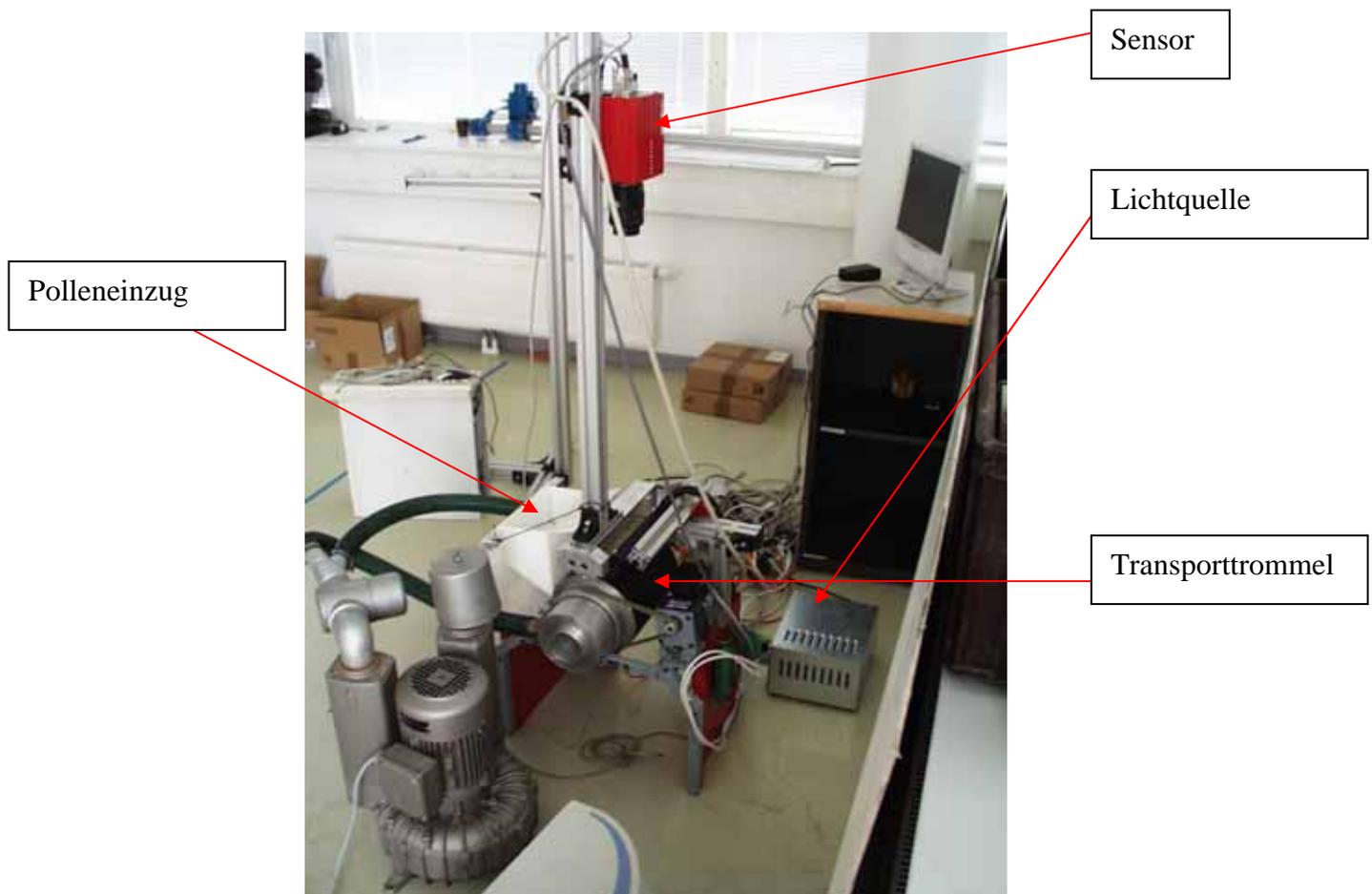
Auf Grund der Erkenntnisse aus 3.3.2 wurde in der Folge ein Farbzeilensensor gesucht, dessen Farbauflösung ausreichend ist, und der für bewegte Objekte keinen Farbfehler erzeugt. Weiters musste eine auf diesen Sensor abgestimmte Beleuchtung ausgewählt werden.

Für die Analyse wurden von verschiedenen Sensor- und Beleuchtungsherstellern Geräte getestet (Polytec, TVI, Pulsotronic).

Als Ergebnis der Arbeiten konnte eine Sensor/Beleuchtungskombination ausgewählt werden, die aus einem 3-Chip CCD Sensor und einer HQI Beleuchtung bestand.

5.3.5 Mechanik

Um die Komponenten zu testen, musste im nächsten Arbeitsschritt ein mechanischer Aufbau gefertigt werden. Dieser Aufbau hatte die Aufgabe die Sensoren zu justieren, und Pollen unter realistischen Bedingungen (wie in einer Sortiermaschine) vor dem Sensor vorbeizubewegen. Dieser Aufbau bestand aus einer Trommel, die die Pollen ansaugen konnte und die von einem elektrischen Antrieb gedreht werden konnte, sowie Halterungen zur Aufnahme des Sensors und der Beleuchtung.



Testaufbau für Pollenanalyse

5.3.6 Test Sensorik

In diesem Arbeitsschritt wurde der Sensor getestet und an die spezielle Applikation angepasst.

Dazu wurden mit dem Testaufbau aus 3.3.4 umfangreiche Datensätze (Bilder) aufgenommen. Diese wurden analysiert und zur Verbesserung der Einstellungen der Sensorik verwendet. Eine besondere Schwierigkeit war die verhältnismäßig kleine Empfindlichkeit der verwendeten Chips im Bereich kurzer Wellenlängen (blau). Dieses Problem konnte durch eine HQI-Beleuchtung mit einem stärkeren Anteil im blauen Bereich behoben werden. Ein weiterer Schwerpunkt der Arbeit galt dem Abgleich der verwendeten Chips unter Berücksichtigung der Farbe der Objekte, also der Anpassung der Verstärkereinheit des Zeilensensors an die Beleuchtung und die Farbe der Pollen.

Um diese Arbeiten durchführen zu können wurde eine Software entwickelt, die den Abgleich der Kamera automatisieren konnte.

Ergebnis: Ein Farbzeilensensor der Firma TVI (3 Chip mit Beamsplitter) in Kombination mit einer HQI Zeilenbeleuchtung konnte als technisch und finanziell beste Lösung ausgewählt werden.

5.3.7 Software/Mathematik

Um die Sensorsignale automatisch auswerten zu können mussten in diesem Arbeitsschritt drei Softwarekomponenten entwickelt werden.

1. Ein Hardwaretreiber zum Einlesen des Sensorsignales,
2. ein Algorithmus zur Erkennung der Sorten, also zur Unterscheidung der Sensorsignale.
3. Ein Kommunikationstreiber zur Kommunikation mit der SPS der Sortiermaschine

Ein entsprechendes Softwarepaket für PC in C++ unter Windows XP wurde implementiert.

Das Ergebnis war somit ein Softwarepaket das die Sensorsignale einlesen konnte und mittels eines Lernalgorithmus die einzelnen Arten separieren konnte.

5.3.8 Integrationstest

Das Zusammenspiel aller Komponenten wurde getestet. Diese Komponenten sind der Sensor, die Auswertesoftware, die SPS und die Sortiermechanik.

Für diesen Zweck wurden alle Komponenten integriert und Testläufe durchgeführt. Mit dieser Testumgebung konnten Fehlfunktionen im Gesamtsystem erkannt und behoben werden.

5.3.9 Weiterverarbeitung

In diesem Arbeitsschritt wurden erste Aussagen über eine Weiterverarbeitung sortenreiner Pollen gemacht.

Das derzeitige Produktspektrum (gemischte Blütenpollen) kann durch sortierte Pollen ergänzt werden, wobei zum gegenwärtigen Zeitpunkt die Wirkung der sortenreinen Pollen, die über die Wirkung der Gemischten hinausgeht Gegenstand der Forschung ist. Es gibt bereits Firmen (AB Cernelle, Apipol) die einige spezielle Pollen zu Medikamenten verarbeiten. Die Erforschung der speziellen Wirkung sortenreiner Pollen ist aber ein Prozess, der mehrere Jahre (Jahrzehnte) in Anspruch nimmt.

Im Rahmen des Projektes konnten daher nur erste Aussagen über eine Weiterverarbeitung der sortenreinen Pollen gemacht werden.

Ein erster Entwicklungsschritt könnte es aber sein die Pollen geeignet zu ummanteln. Dadurch werden die hochwertigen Wirkstoffe der Blütenpollen vor Zersetzung im saueren Milieu des Magens geschützt und erst im oberen Darmbereich die Blütenstoffe freigesetzt. Hierdurch wäre es erstmals möglich den Wirkungsgrad von Blütenpollen zu erhöhen bzw. eine indikationsbezogene Dosierung präziser als bislang möglich zu definieren. Insbesondere wäre es auch möglich die speziellen Inhaltsstoffe von sortenreinen Pollen besser zur Wirkung zu bringen.

Folgende Arbeiten wurden bereits durchgeführt:

1. die im Handel befindlichen Produkte sortenreiner Pollen erfasst
2. nach speziellen Zusatzstoffen untersucht:
3. nach Wirkungsweisen auf den Verpackungen geprüft.
4. nach mg je Darreichungsform eingeteilt
5. Verpackungsgrößen und Verkaufspreise erhoben

ad 1) Im österreichischen und deutschen Handel sind zur Zeit keine Produkte mit sortenreinen Blütenpollen erhältlich. Alle Blütenpollenprodukte die im Handel erhältlich sind werden in verschiedenen Darreichungsformen wie Kapseln, Granulat und Pulver mit verschiedenen Inhaltsmengen angeboten.

ad 2) Folgende Stoffe werden den Pollenprodukten zugesetzt:

Gelee Royal	Acerola Extrakt	Salbeiextrakt
Coencym Q10	Bienenbrot Perga	Sojabohnenextrakt
Beta Carotin	Selen	Lecitin
Vitamin C	Eisen	Kürbissamenöl
Vitamin E	Magnesiumstearat	Kürbissamenpulver

ad 3) Blütenpollenprodukte werden mit ganz wenigen Ausnahmen für Frauenbeschwerden angeboten, sie werden aber mit Hinweisen wie:

- Stärkung körpereigener Widerstandskraft
- Besserung des Wohlbefindens
- Stärkt körperliche und geistige Vitalität
- Erhöht Konzentration und Gedächtnisleistung
- Rekonvaleszenz
- Streß

sehr allgemein umschrieben.

ad 4)

Blütenpollen als Zusatzstoff	bis ca. 150 mg/Kapsel
Blütenpollen als Hauptinhaltsstoff	200mg bis 240mg/Kapsel
Blütenpollen als größte Dosis	300mg/Kapsel

ad 5)

Kapseln (77%), Granulat (15%), Pulver (8%)

Die Kapseln werden angeboten zwischen € 0,10 und 0,62

Das Granulat wird angeboten zwischen € 0,02 und 0,04

Ergebnis: Die Zusatzstoffe von gemischten Pollen wurden dokumentiert. Daten die für eine Vermarktung eines Pollenproduktes notwendig sind wurden erhoben.

5.3.10 Neuerungen, Vorteile:

Der Vorteil der verwendeten Technologien besteht im wesentlichen darin, dass eine große Menge an Blütenpollen mit einer hohen Reinheit angeboten werden kann.

Bisher konnten nur gemischte Blütenpollen angeboten werden. Da die Wirkung dieser Gemische schwer zu spezifizieren ist, war der Markt dafür sehr klein. Es überwog sogar die Angst schädlicher Wirkung auf Grund z.B. nicht vorhersehbarer allergischer Reaktionen. Der Vorteil liegt daher in der Sortierung, die ein breiteres Anwendungsfeld erschließt.

5.3.11 Projektergebnisse:

Der erste Schritt galt der Analyse der Unterscheidbarkeit der Pollen in verschiedenen Wellenlängenbereichen (UV, IR, VIS).

Hierfür wurden Testsätze von Pollen mit einem Spektrometer sowohl in Reflexion als auch in Transmission vermessen. Aus dem Vergleich der Spektren ging hervor, dass die Aufnahme und Auswertung von Wellenlängen außerhalb des sichtbaren Lichtes keine weiteren Informationen für die Unterscheidung der Pollen liefert.

Im zweiten Schritt wurde ein Sensor im Bereich des sichtbaren Lichtes ausgewählt, der die speziellen Schwierigkeiten bei der Sortierung von Pollen bestmöglich löst. Diese Schwierigkeiten bestehen vor allem darin, dass eine große Menge an Pollen vor dem Sensor vorbeibewegt wird.

Um zu verhindern, dass eine Farbverzerrung durch diese Bewegung der Pollen auftritt, wurde ein Farbzeilensensor mit Beamsplittertechnologie verwendet.

Um diesen Sensor effizient testen zu können, wurde ein Testaufbau gebaut, mit dem man Pollen definiert vor dem Sensor vorbeibewegen kann. Insbesondere konnte mit diesem Testaufbau der Einfluss der Beleuchtung (spektrale Zusammensetzung) erforscht werden.

Im dritten Schritt konnte ein Algorithmus entwickelt werden, der die Kennzahlen (features), die aus den Farben der Pollen berechnet werden, clustert (=gleichartige gruppiert). Um diese „Clusterung“ durchführen zu können, wird eine Lernstichprobe aufgezeichnet. Die Daten dieser Lernstichprobe werden anschließend gruppiert (geclustert). Während des Sortiervorganges werden dann die aus den Pollen berechneten features, den Gruppen zugeordnet.

5.3.12 Verwertung:

Das Hauptziel muss die Verwendung der entwickelten Technologie in einer vollautomatischen Sortiermaschine sein, die von Imkern benutzt wird. Da bereits mit einem Projekt zum Bau einer solchen Maschine begonnen wurde, können die Ergebnisse des Projektes unmittelbar umgesetzt werden.

Weiters wurde die Öffentlichkeit durch Artikel und öffentliche Auftritte informiert.
Bsp.:

- Spark Ausgabe 18. Juni 2003 „Gesundes Ziel – gesunder Start“
- Modern Times ORF 8/2002 „Sortiermaschine für Bienen“ siehe http://magazine.orf.at/alpha/programm/2002/20805_moderntimes.htm
- 3Sat „Sortieranlage für Pollen“ siehe <http://www.3sat.de/3sat.php?http://www.3sat.de/nano/cstuecke/37554/>
- BMVIT, Präsentation der Projekte der zweiten Ausschreibung „POLLID“ 12/13. Juni 2003
- Oberösterreichische Nachrichten 7.7.2003: „Computer erledigt Aschenputtelarbeit“
- Expertentag „Prozessoptimierung und Qualitätskontrolle in der Fertigung“ 5.März 2003. Vortrag.

5.4 Detailangaben zu den Zielen der „Fabrik der Zukunft“

Im Mittelpunkt der Forschungs- und Entwicklungsleistungen im Rahmen des Projektes stand die Entwicklung von Grundlagen für einen ökoeffizienten Produktionsprozess, die einen Beitrag zu nachhaltiger Technologieentwicklung leisten.

Das Ziel des Gesamtprojektes zur Verwendung von Blütenpollen ist die Nutzung der Wirkstoffe aus den Pollen. Es gibt zahlreiche Studien über die positive Wirkung bestimmter Inhaltsstoffe der Pollen auf den Menschen. Daher entspricht die Verwendung von Pollenhöschchen in besonderem Maß dem Prinzip der Nutzenorientierung nachhaltiger Technologieentwicklung.

Die Pollenhöschchen konnten von den Imkern bisher nicht oder nur sehr wenig genutzt werden. Durch die Sortierung kann dieser wertvolle nachwachsende Rohstoff nun sehr effizient und nutzbringend verwendet werden. Dieses Prinzip der Nutzung erneuerbarer Ressourcen und nachwachsender Rohstoffe stellt eine wichtige Säule nachhaltiger Technologieentwicklung dar.

Das Sammeln, Trocknen und Sortieren der Pollenhöschchen stellt beinahe keine Belastung der Umwelt dar, weil nur geringe Mengen an Energie dazu notwendig sind. Insbesondere stellt das Sammeln der Pollenhöschchen durch die Bienen einen natürlichen und sehr effizienten Vorgang dar. Weiters existiert bis auf die Sortiermaschinen die gesamte Infrastruktur um diesen Rohstoff zu erzeugen.

Darüberhinaus sind gerade Regionen, die wirtschaftlich benachteiligt sind (Alpenregion ...), aufgrund ihrer einzigartigen Landschaft und Sauberkeit der Umwelt in der Lage diesen Rohstoff in höchster Qualität anzubieten, da in diesen Regionen wenig intensive Landwirtschaft betrieben wird. Damit trägt das Projekt dazu bei Einkommen und Lebensqualität dieser Regionen zu verbessern, was ebenfalls eine der Säulen nachhaltiger Technologieentwicklung darstellt.

Weiters entsteht für zahlreiche heimische Firmen die Möglichkeit, im Bereich der Weiterverarbeitung von Pollen z.B. im Bereich der Analyse und der Produktion von Endprodukten (Lebensmittelindustrie, Apotheken,...) einen neuen Markt zu finden. Vor allem auch für die Imker (in Österreich gibt es ca. 25000 Imkerbundmitglieder), die diesen Rohstoff sammeln, entsteht eine neue Einkommensquelle, ohne dass große Investitionen getätigt werden müssen oder neue Infrastruktur aufgebaut werden muss.

Einbeziehung der Zielgruppen:

Durch die Auswahl des Projektkonsortiums (Vertreter der Pollenproduzenten, Nutzer / Pharma, Maschinenbauer) ist eine Beteiligung der potentiellen Nutznießer aus dem Projekt gegeben. Die Pollenproduzenten und Weiterverarbeiter (Pharma) haben einen direkten Nutzen aus dem Projekt, da ein neuer Absatzmarkt entsteht. Für den beteiligten Maschinenbauer kann durch den Bau weiterer Maschinen ebenfalls ein zusätzlicher Markt entstehen.

Potenziale:

Da es bereits einen Markt für gemischte Blütenpollen gibt, kann die bestehende Infrastruktur dazu benützt werden, neue Produkte einzuführen. Bisher konnten wir beobachten, dass das Interesse an dem Projekt und das Echo aus der Öffentlichkeit sehr stark ist. Daraus kann man durchaus schließen, dass das Markt- und Verbreitungspotential sehr hoch anzusehen ist.

Eine Quantifizierung ist hier nur sehr schwer möglich. Derzeit bieten 11 Firmen div. Pollenmischungen in Österreich und Deutschland zum Wiederverkauf an. Nicht berücksichtigt sind Imker die auf dem Wege der Direktvermarktung und „Ab Hof“ Pollen anbieten. Sortenreine Blütenpollen oder solche aus kontrolliertem biologischen Anbau werden von keinem Lieferanten angeboten!

Jedenfalls kann man von einer Vervielfachung der Produkte bei gelungener Sortierung ausgehen.

5.5 Schlussfolgerung und Ausblick:

Erkenntnisse:

Die Projektergebnisse sind von der technischen Qualität her ausreichend um die entwickelten Technologien in einer Sortiermaschine unmittelbar umzusetzen. Sowohl die Robustheit der verwendeten Module (Software, Hardware) als auch die Genauigkeit in der Farberkennung ist ausreichend, die schwachen Unterschiede der Pollen sicher zu erkennen.

Der genaue Prozentsatz der Sortenreinheit kann nach Fertigstellung der Maschine in umfangreichen Tests festgestellt werden. Diese Sortenreinheit hängt auch mit der Aufbereitung (Trocknung) und Lagerung der Pollen zusammen.

Aus den bereits durchgeführten Tests geht hervor, dass die erreichbare Sortenreinheit auch unter ungünstigen Bedingungen >90% ist.

Weitere Vorgehensweise:

Der nächste Schritt ist daher der Bau einer Sortiermaschine, die in der Lage ist, größere Mengen (1000kg/Jahr) zu sortieren. Dieser Bau einer Sortiermaschine ist zur Zeit in der Realisierungsphase.

Mit den sortierten Pollen kann dann auch die Weiterverarbeitung und Analyse der Pollen vorangetrieben werden, um Produkte aus sortenreinen Pollen zu definieren.

Chancen:

Da im gegenständlichen Projekt Grundlagen für die Erforschung und Produktion von Pollenprodukten entwickelt wurden, die in dieser Form zur Zeit nirgendwo anders vorhanden sind, könnte für heimische Betriebe (Imker , Verarbeiter) ein Vorsprung entstehen, der eine wichtige Position am Markt sichert. Dieser Vorsprung sollte durch weiterführende Forschung sowohl im Bereich der Anwendbarkeit (Pharmazie) als auch im Bereich der Verfeinerung der Aufbereitung (Wissen über Pollen) ausgebaut werden.

Risiken:

Obwohl die wesentlichen Schwierigkeiten für eine Sortierung der Blütenpollen in den bisherigen Projekten bewältigt wurden, ist auf Grund fehlender Produkte und fehlender ausführlicher medizinischer Forschung nicht im Detail bekannt in welcher Form und Reinheit sortierte Bienenpollen in Medikamenten oder funktionellen Lebensmitteln in der Zukunft verwendet werden. Es gibt daher nur ungenaue Aussagen der Anwender (Pharmazeuten) welche Reinheit tatsächlich notwendig ist und welche speziellen Pollenarten besonders interessant sein werden. Es ist daher nicht auszuschließen, dass die bisher entwickelte Technologie weiter verbessert werden muss um zukünftigen Anforderungen gerecht zu werden.

Anwendbarkeit für neue Applikationen:

Über die konkrete Problemstellung hinaus, eignen sich die entwickelten Methoden auch für die Sortierung von anderen natürlichen Rohstoffen, die anhand des Spektrums separiert werden können. Es könnten etwa Saatgüter nach optischen Kriterien sortiert werden, oder erkennbare Verunreinigungen aussortiert werden. Diese Anwendung könnte ohne aufwendige Modifikationen an der Mechanik oder der Sensorik durchgeführt werden.

5.6 Weiterführender Forschungsbedarf:

Zusätzlich zu der Trennung nach Pflanzenarten sollte in der Maschine auch eine wissensbasierte Artenbestimmung durchgeführt werden. Dies würde es schon dem Produzenten sortenreiner Pollen (Bsp. Imkervereinigung) ermöglichen, eine erste Bestimmung der Arten ohne aufwendige Laboruntersuchungen durchzuführen.

Um dieses Ziel zu erreichen, sind folgende grundlegende Fragestellungen zu klären:

1. Welche zusätzlichen Größen der getrennten Pollen können automatisch in der Sortiermaschine erhoben werden, um eine Artenbestimmung möglich zu machen.
2. Welche Daten über die Pollen müssen von einer Datenbank bereitgestellt werden, um zusammen mit den gemessenen Größen eine Artbestimmung möglich zu machen (Bsp. Region, Erntezeitpunkt, Wetterlage, Trocknungsdauer,...).

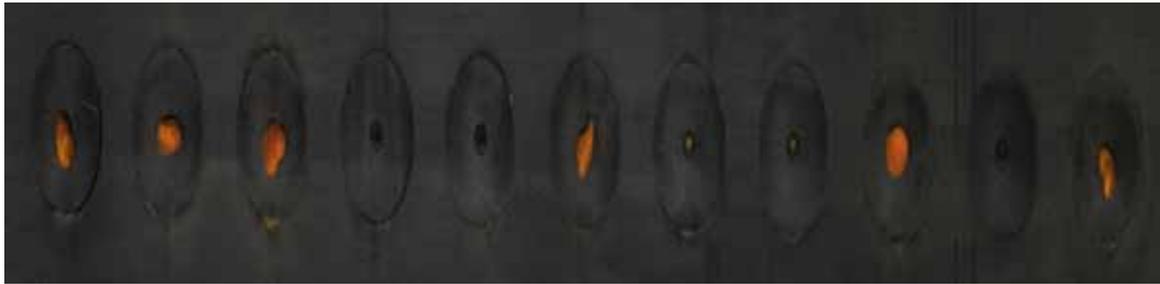


Bild einer Düsenreihe des Testaufbaues mit angesaugten Pollen

6 Literatur:

- [Sort1] Reisner W., Eitzinger.C: Sorting of Pollen with a Similarity-Based Approach, 26th Workshop of the Austrian Association for Pattern Recognition, 2002 , ISBN: 3-85403-160-0
- [Typ1] Fossel,A. (1966) - Nektar, Pollen und Honigtau von Edelkastanie (*Castanea sativa*), in *Bienenvater*, 4.
- [Typ2] Fossel, A. (1974) - Die Bienenweide der Ostalpen, dargestellt am Beispiel des steirischen Ennstals, in *Mittlg. Naturwiss. Ver. Steiermark* 104, Seiten 87-118.
- [Typ3] Grosu Elena (1997) (Romania) - Busuiocul de miriste, o valoroasă plantă meliferă, in *Romania apicola* nr. 8, August, pp.19;25 .
- [Typ4] Maurizio Anna, Grafl Ina (1980) - *Das Trachtpflanzenbuch. Nektar und Pollen - die wichtigsten Nahrungsquellen der Honigbiene. Ehrenwirth Verlag*, München, zweite Auflage, 288 Seiten.
- [Typ5] Peter,J. (1983) (Hungary) - Recherches sur le pollen des tournesols hybrides, in the XXIX-Th. Apimondia Congress, Budapest, Hungary, p.162
- [Typ6] Votiski,E., Varga,E., Farkas,J. (1983) (Hungary) - Etude des acides amines des polens de pommier et de tournesol, in the XXIX-th. Apimondia Congress, Budapest, Hungary, pp.213-14
- [Typ7] Wanlin,Xu (1993) (China) - *Nectar and Pollen Plants of China* (Chinese). *IBRA*. 533 pages (excellent colour pictures of plants and photomicrographs of pollen grains).
- [Typ8] Wang Weiyi, Shen Shaobo (1989) (China) - The *in vitro* effect of rape pollen on T lymphocyte proliferative response in rats, in the XXXII-Nd. Apimondia Congress, Rio de Janeiro, Brazil, p.557-58.
- [Ch1] Bonvehi,J.Serra,I., Pajuelo Gomez,-A., Gonnel Galindo Josefina (1986) (Spain) - Organoleptical tests of the pollen loads, in *Apiacta*, # 1, pp.15-20 (***)
- [Ch2] Ialomiteanu,M. (1978) (Romania) - *Pollen. Food and Drug. Biostimulative and therapeutically value* (Romanian). *Apimondia Publishing House*. Bucharest. 158 pp. (***)
- [Ch3] Kiev,R., Muid,M. (1991) - *Beekeeping in Malaysia. Pollen Atlas. IBRA*. 186 pages (95 plant species used by *Apis cerana* in Malaysia; many of these plants are common in other tropical regions).
- [Ch4] Kirk,D.J.William (1994) (UK) - *A colour guide to pollen loads of the honey bee. Ein Farbenführer für die Pollenhörschen der Honigbiene. Guide des couleurs pour les pelotes de pollen des abeilles domestiques. IBRA Library*. Cardiff. United Kingdom. ISBN 0 86098 216 5. 54 pages (***)
- [Ch5] Palos Elena, Voiculescu,Z., Andrei Constanta (1975) (Romania) - Comparative studies concerning biochemical characteristics of the beebread as related to the pollen preserved in honey, in the XXV-Th. Apimondia Congress, Grenoble, France, p.239 (***-abstract).
- [Ch6] Wanlin,Xu (1993) (China) - *Nectar and Pollen Plants of China* (Chinese). *IBRA*. 533 pages (excellent colour pictures of plants and photomicrographs of pollen grains).
- [Comp1] Adams RT. J., Smith,M.V. (1981) - Seasonal pollen analysis of nectar from the hive and extracted honey, in *Journal of Apicultural Research*, 20 (4), pp.243-48.
- [Comp2] Bauer, L.; Kohlich, A.; Hirschwehr, R.; Siemann, U.; Ebner, H.; Scheiner,O.; Kraft, D.; Ebner, C. (1996) - Food allergy to honey, pollen or bee products? Characterisation of allergenic proteins in honey by means of immunoblotting, in *Journal of Allergy and Clinical Immunology* 97 (1), pp.65-73.
- [Comp3] Cîrnu,I., Slusanschi,H., Tone Elena, Filipescu,H., Marinescu,R. (1969) (Romania) - Chemical composition of pollen from corn (*Zea mays*) and sunflower (*Heliantus annuus*) harvested at various times, in the XXII-Nd. Apimondia Congress, München, Germany, pp.388-89 (***-abstract).
- [Comp4] Contessi Alberto (1983) (Italy) - *Le Api. Biologia, allevamento, prodotti. Edagricole*. Bologna. Italy. ISBN 88-206-2263-7.
- [Comp5] Crews, C.; Startin, J. R.; Clarke, P. A. (1997) (UK) - Determination of pyrrolizidine alkaloids in honey from selected sites by solid phase extraction and HPLC-MS, in *Food Addit Contam*, Jul;14(5), pp.419-428.
- [Comp6] Dany,Bernd (1989, 1998) (Germany) - *Rund um den Blütenpollen. Ehrenwirth Verlag*, München, 2. Aufl., 77 pp. ISBN 3-431-02932-9 (***)
- [Comp7] Echigo,T., Takenaka,T., Yatsunami,K. (1986) - Comparative studies on chemical composition of honey, royal jelly and pollen loads, in *Bull. Fac. Agric. Tamagawa Univ. no. 26*, pp.1-8.

- [Comp8] Fleche, C.; Clement, M. C.; Zeggane, S.; Faucon, J. P. (1997) (France) - Contamination of bee products and risk for human health: situation in France (original article in French), in *Rev Sci Tech*, Aug;16(2), pp.609-619 (***-abstract).
- [Comp9] Groza,I., Bloos,G., Derevici Adelina (1978) (Romania) - The protein and amino acids content of some mono-floral and poli-floral pollens (Romanian), in *Apicultura in Romania*, 12, p.21.
- [Comp10] Herbert,E.W.Jr., Shimanuki,H. (1978) - Chemical composition and nutritive value of bee-collected and bee-stored pollen, in *Apidologie* 9, pp.33-40.
- [Comp11] Ibrahim,S.H. (1974) - Composition of pollen gathered by honeybees from some major sources, in *Agric. Res. Rev.* (Cairo) 52, pp.121-123.
- [Ind1] Ask-Upmark,E. (1967) - Prostatitis and its treatment, in *Acta Med. Scand*, 181, pp.355-357.
- [Ind2] Hayashi,A.U., Mitsui,J., Yamakawa,H. et al. (1986) - Clinical evaluation of Cernilton in benign prostatic hypertrophy, in *Hinyokika Kyo* 32, pp.135-141.
- [Ind3] Hernuss,P., Müller- Tyl,E., Salzer,H., Sinzinger,H., Wicke,L., Prey,T., Reisinger,L. (1975) - Pollendiät als Adjuvans der Strahlentherapie gynäkologischer Karzinoma, in *Strahlentherapie* 150, pp.500-506.
- [Ind4] Lyngheim Linda, Scagnetti,Jack (1979) (USA) - *Bee Pollen. Nature's Miracle Health Food. Melvin Powers. Wilshire Book Company.* North Hollywood, California. ISBN 0-87980-371-1. 90 pp. (***)
- [Ind5] Maurer,M.L., Strauss,M.B. (1961) - A new oral treatment for ragweed hay fever, in *J. Allergy* 32, pp.343-347.
- [Ind6] Nagl Andrea (1998) (Germany) - *Heilen mit Honig. Gesundheit und Genuss aus dem Bienenstock. See-hamer Verlag. Weyarn. Germany.* 216 Seiten. ISBN 3-932131-62-2.
- [Ind7] Potschinkova Pavlina (1992) (Bulgaria) - Bienenprodukte in der Medizin. Apitherapie. Ehrenwirth Verlag GmbH, München, Germany, 169 pages; ISBN 3-431-03247-8 (***)
- [Ind8] Robinson,W. (1948) - Delay in the appearance of palpable mammary tumours in C3H mice following the ingestion of pollenized food, in *J. Nat. Cancer Inst.* 9, pp.119-123.
- [Ind9] Roman, St. (1976) (Romania) - Apitherapy in pre and post surgery, in the Second Apitherapy Symposium, Bucharest, Romania
- [Ind10] Schmidt,J.O. (1984) - Phagostimulants in pollen, in *Journal of Apicultural Research* 24, pp.107-114.
- [Ind11] Stangaciu Stefan (1998) (Romania) - Polen Y Salud. Ecos De San Francisco'98. Propiedades Medicas De La Colmena, in *Espacio Apícola N° 34*, agosto, pág 36 a 39.
- [Ind12] Stangaciu, Stefan; Hartenstein, Elfi (2000) (Romania) - *Sanft heilen mit Bienenprodukte. So nützen Sie die gesunde Kraft von Honig, Propolis, Gelee Royal & Co.* Karl F. Haug Verlag, Heidelberg, Germany. ISBN 3-8304-2031-5; 117 Seiten .
- [Pr1] Bang Yu,Kuang, Xia,Dong, Haiou,Kuang (1997) (China) - Series of functional food of pollen, in the XXXV-Th. Apimondia Congress, Antwerpen, Belgium.
- [Pr2] Contessi Alberto (1983) (Italy) - *Le Api. Biologia, allevamento, prodotti. Edagricole.* Bologna. Italy. ISBN 88-206-2263-7
- [Pr3] Donadieu,Yves (1991) (France) - Un aliment médicament essentiel: Le pollen, in *Abeilles et Fleurs*, Juillet-Aout, # 405, p.5-6 (***)
- [Pr4] Hadzi-Djordjević,L., Micović,I.V. (1983) (Yugoslavia) - Nouveaux extraits de pollen pour les industries alimentaires, pharmaceutique et cosmetique, in the XXIX-Th. Apimondia Congress, Budapest, Hungary, p.114-15 (***-abstract).
- [Pr5] Hayashi,A.U., Mitsui,J., Yamakawa,H. et al. (1986) - Clinical evaluation of Cernilton in benign prostatic hypertrophy, in *Hinyokika Kyo* 32, p.135-141.

7 Anhang:

Anhang 1: Testpollensätze zur Sensorauswahl- und Evaluierung (Sortiert und getrennt im Institut für Bienenkunde)

Anhang 2: Zeilensensoraufnahmen von Pollenhöschchen auf der dunkelgrauen Trommeloberfläche. Zu sehen sind auch die Düsen (graue Kreise) die die Pollen ansaugen. Mit dieser Aufnahmetechnik wurden mehrere hundert Pollen aufgenommen und ausgewertet, um die Farbauflösung des Sensors beurteilen zu können. Diese Bilder waren die Basis für die Auswahl des Sensors.

Anhang 1

Testpollensätze zur Sensorauswahl- und Evaluierung (Sortiert und getrennt im Institut für Bienenkunde)

Probe NR 1.)

1a Brauner Storchenschnabel	Geranium phaeum
1b Roskastanie	Aesculus hippocastaneum
1c Brauner Storchenschnabel	Geranium phaeum
1d Löwenzahn	Taraxacum officinalis
1e Buschwindröschen q	Anemone nemorosa
1f Latsche	Pinus mugo
1g Himbeere	Rubus idaeus
1h Wiesenschaumkraut	Cardamine pratensis
1i Bergahorn	Acer pseudoplatanus
1j Raps	Brassica napus

Probe NR 2)

2a Rotklee	Trifolium pretense
2b Kälberkopf	Chaerophyllum hirsutum
2c Roßkastanie	Aesculus hippocastaneum
2d Brauner Storchenschnabel	Geranium phaeum
2e Roßkastanie	Aesculus hippocastaneum
2f Löwenzahn	Taraxacum officinalis
2g Roßkastanie	Aesculus hippocastaneum
2h Zwetschke	Prunus sp.
2i unbekannt	
2j Kirsche	Prunus avium
2k Himbeere	Rubus idaeus
2l Wiesenschaumkraut	Cardamine pratensis

Probe NR 3)

3a Zwetschke	Prunus sp.
3b Zwetschke	Prunus sp.

3c Zwetschke	Prunus sp.
3d Rotbuche	Fagus sylvatica
3e Kirsche	Prunus avium
3f Löwenzahn	Taraxacum officinalis
3g Roßkastanie	Aesculus hippocastaneum
3h Rote Lichtnelke	Silene dioica
3i Almrausch	Rhododendron hirsutum
3j Buschwindröschen	Anemone nemorosa
3k Rotklee	Trifolium pratense
3l Rundblattglockenblume	Campanula rotundifolia
3m Apfel	Malus domestica

Probe NR 4)

4a Brauner Storchenschnabel	Geranium phaeum
4b Rundblattglockenblume	Campanula rotundifolia
4c Apfel	Malus domestica
4d Rotklee	Trifolium pratense
4e Kirsche	Prunus avium
4f Apfel	Malus domestica
4g Zwetschke	Prunus sp.
4h Zwetschke	Prunus sp.
4i Buschwindröschen	Anemone nemorosa
4j Wiesenmargerita	Leucanthemum vulgare
4k Nickende Ringdistel	Carduus nutans

Anhang 2

Zeilensensoraufnahmen von Pollenhöschen auf der dunkelgrauen Trommeloberfläche. Zu sehen sind auch die Düsen (graue Kreise) die die Pollen ansaugen. Mit dieser Aufnahmetechnik wurden mehrere tausend Pollen aufgenommen und ausgewertet, um die Farbauflösung des Sensors beurteilen zu können. Diese Bilder waren die Basis für die Auswahl des Sensors.

Es wurden ca. 50 GB an Testbildern ausgenommen.
Hier einige typische Aufnahmen:

