



Nanotechnologie in der Landwirtschaft

Das Bundesamt für Umwelt hat den gesetzlichen Auftrag, die Auswirkungen der Landwirtschaft auf die Umwelt zu untersuchen. Nach wie vor werden ungelöste Probleme festgestellt. So können Dünger und Pestizide Gewässer übermässig belasten, die Biodiversität gefährden oder den Boden langfristig in seiner Fruchtbarkeit gefährden.

Führende Agro-Konzerne forschen derzeit aktiv an nanotechnologischen Produkten für den Einsatz in der Landwirtschaft. In Zukunft soll eine neue Generation von Nano-Chemikalien für die landwirtschaftliche Nutzung auf den Markt gelangen. Damit werden Agro-Chemikalien in Nanogrösse direkt in die Umwelt ausgebracht werden.

Man erhofft sich durch den Einsatz von Nanomaterialien in der Landwirtschaft reduzierte Aufwandmengen, höhere Effizienz und umweltschonende Anwendungen. Doch deren Einsatz kann zu neuartigen Risiken für die Umwelt und die landwirtschaftlichen Produkte führen. Wissenschaftliche Untersuchungen weisen bereits heute auf mögliche Schäden in der Umwelt und an Nutzpflanzen hin.

Eine solide Nutzen-Risiko-Abwägung ist heute nicht möglich. Die [Mitteilung der EU Kommission zur Anwendbarkeit des Vorsorgeprinzips](#) besagt, dass das Vorsorgeprinzip dann herangezogen werden soll, wenn die wissenschaftlichen Informationen unvollständig sind oder keine eindeutigen Schlüsse zulassen und wenn es Anzeichen dafür gibt, dass die möglichen Folgen für die Umwelt oder die Gesundheit potentiell gefährlich sein könnten. Verschiedene NGO fordern deshalb ein Moratorium für die Freisetzung von Nanomaterialien in der Landwirtschaft.

Mit Hilfe der Nanotechnologie wird eine neue Generation von Chemikalien für die landwirtschaftliche Nutzung angestrebt. Alle führenden Agrochemie-Konzerne wie Syngenta, BASF, Monsanto oder Bayer CropScience forschen derzeit mittels Nanotechnologie an Produkt-Entwicklungen für den Einsatz in der Landwirtschaft. Folglich werden in Zukunft Nanomaterialien direkt in Agrar-Ökosysteme ausgebracht. Teilweise sind die Produkte sogar bereits auf dem Markt, ohne dass sie gekennzeichnet werden müssen.

Bestehende Agro-Produkte werden auf Nanogrösse reduziert, neuartige nanoskalige Anwendungen kommen hinzu. So werden Pflanzenschutzmittel oder Dünger in Nanokapseln verpackt, mit dem Ziel, die Applikation der Wirkstoffe, die Zeitphase der Wirkung und die direkte Aufnahme durch Pflanzen zu verbessern. Mit Nano-Bodenhilfsstoffen will man die Wasserhaltekapazität des Bodens verbessern oder Nanofasern als Träger von flüchtigen Signalstoffen (Pheromone) zur Regulierung von Schadinsekten verwenden. Zur Detektion von Krankheiten sollen künftig nanotechnologische Sensoren in der Landwirtschaft eingesetzt werden.

Eine Publikation aus dem Jahre 2012 beschreibt zahlreiche Beispiele möglicher Nanomaterialien, die in der Landwirtschaft eingesetzt werden können (Gogos, A. et al. 2012).

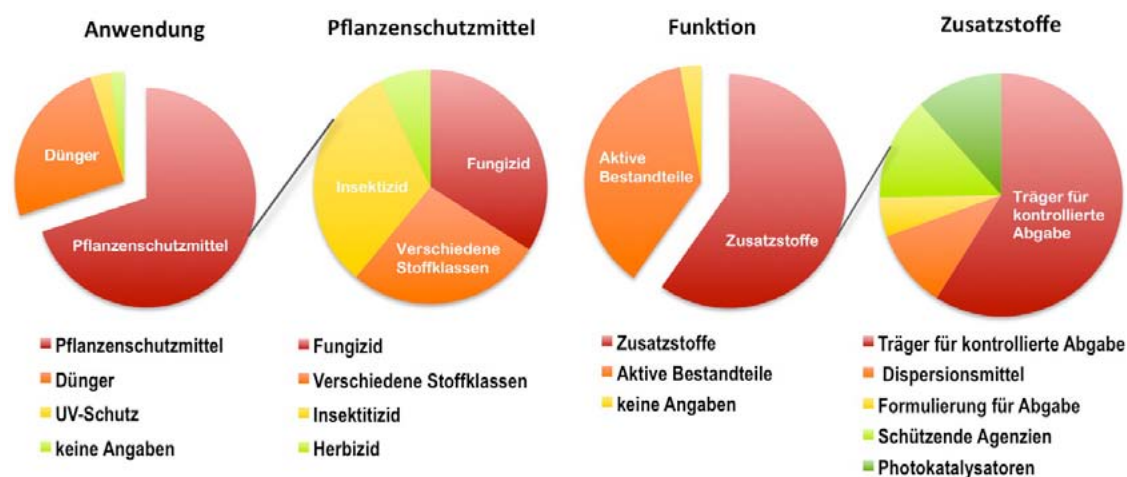


Abbildung 1. Nanomaterialien für den Einsatz in der Landwirtschaft: Gogos et al. werteten insgesamt 69 wissenschaftliche Publikationen und Patentschriften aus, um Stand und Gewichtung in der Entwicklung von Nanomaterialien für die Landwirtschaft abzuschätzen. Bild: Adaptiert aus Figure 5 von Gogos et. al.

Folgt man Gogos et al., so resultiert folgende illustrative Auswahl zukünftiger Nanomaterialien für die Landwirtschaft, die in Entwicklung, bereits patentiert oder sogar marktreif sind.

1. Nano-Emulsionen und Nano-Liposomen

Für den Einsatz von Nanomaterialien in der Landwirtschaft stehen heute sogenannte nicht-feste Nanomaterialien im Vordergrund. Aktive Substanzen in landwirtschaftlichen Produkten sind oft schlecht wasserlöslich und müssen deshalb in organischen Lösungsmitteln in Lösung gebracht werden. Hier bieten sich Nanostrukturen wie Liposomen, Mizellen, Emulsionen, Nanokapseln oder Polymere an, welche den aktiven Stoff eines landwirtschaftlichen Produkts – beispielsweise ein Pflanzenschutzmittel oder einen Dünger – einkapseln und so besser verfügbar machen.

Als eine Möglichkeit für Einkapselungen bieten sich Nano-Emulsionen aus Lösungsmittel und Wasser an. Sie erhöhen die Löslichkeit der aktiven Substanz. Zusätzlich können sie bewirken, dass die aktive Substanz besser in die hydrophoben (wassermeidenden)

Blattoberflächen eindringt. Eine weitere Möglichkeit sind Liposomen. Diese bestehen aus einer eingeschlossenen wässrigen Phase, die von einer Membranhülle aus einer Doppelschicht von Molekülen umgeben ist. Die Membran besteht aus einem unpolaren (lipophilen, fettliebenden) und einem polaren (hydrophilen, wasserliebenden) Teil. Weil Liposomen eine Ähnlichkeit zu biologischen Membranen aufweisen, wird angenommen, dass sie gut umweltverträglich (biokompatibel) und biologisch abbaubar sind.

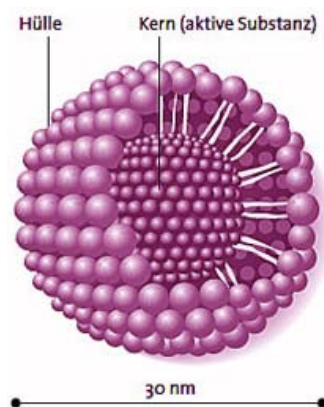


Abbildung 2. Nanokapsel mit eingeschlossenem Wirkstoff. Sie sollen zukünftig in der Agro-Chemie, aber auch bei Lebensmitteln, Kosmetika oder Medikamenten Verwendung finden. Durch die Verkapselung sollen ausgewählte Wirkstoffe gezielter und wirkungsvoller eingesetzt werden können. Bild: [BUND](#)

2. Titandioxid Nanopartikel

Die Haupteigenschaft von TiO_2 -Nanopartikeln für die Landwirtschaft ist ihre photokatalytische Aktivität (durch Licht ausgelöste chemische Reaktionen). Die Anwendungen sind auf den Abbau von Pestiziden oder anderen Schadstoffen ausgerichtet. Eine weniger photokatalytische aktive Form von Nano-Titandioxid (Rutilstruktur) kann – gerade umgekehrt – als Schutz vor photooxidativem Abbau eingesetzt werden. Dies ist nützlich, da viele Pflanzenschutzmittel empfindlich gegenüber Sonnenlicht und damit photokatalytisch abbaubar sind. Auch die antibakterielle Aktivität von TiO_2 -Nanopartikeln ist von Interesse. Sie könnten so als Fungizide eingesetzt werden, zum Beispiel gegen Mehltau. Schliesslich wurde festgestellt, dass der Einsatz von TiO_2 -Nanopartikeln in landwirtschaftlichen Produkten ein erhöhtes Wachstum der Nutzpflanze bewirken kann.

3. Silber Nanomaterialien

Die antibakterielle Eigenschaft von Silber wie auch von Silber-Nanopartikeln ist gut bekannt und wurde bei verschiedenen Pflanzenpathogenen getestet. So kann beispielsweise der Mehltaubefall bei Rosen mit Nano-Silber bis zu 95% reduziert werden. Allerdings könnte sich der kommerzielle Einsatz von Nano-Silber in der Landwirtschaft negativ auf die mikrobielle Biomasse in Böden auswirken. Zudem wurde aufgezeigt (Abbildung 3), dass das Wachstum von Weizensetzlingen in einem festen Sandboden durch die Anwesenheit von Silber Nanopartikeln dosisabhängig geschädigt wird. Dabei wurde auch festgestellt, dass im Weizen eine Anreicherung von Silber Nanopartikeln erfolgt.

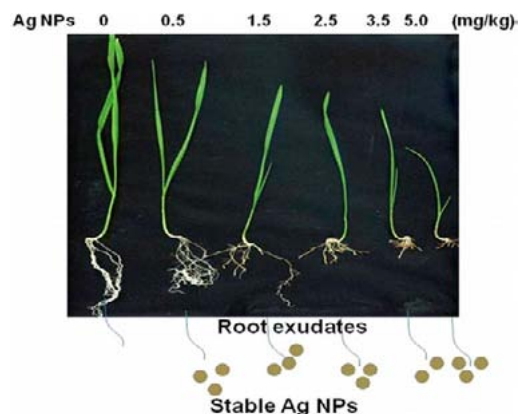


Abbildung 3. Sprossen- und Wurzellängen von Weizen bei einer 14-tägigen Behandlung mit Silber Nanopartikeln unterschiedlicher Konzentrationen in einer Sandmatrix. Bild: [Dimpka et al. 2013](#)

4. Siliziumdioxid Nanopartikel

Die Hauptanwendungen von Siliziumdioxid in der Landwirtschaft sind poröse Nanomaterialien zwecks einer kontrollierten Abgabe von aktiven Substanzen wie zum Beispiel Insektiziden. Poröse Silizium-Nanomaterialien haben Strukturen mit Hohlräumen, die geeignet sind, mit grosse Mengen an aktiven Substanzen angereichert zu werden.

5. Aluminium Nanomaterialien

Modifizierte Aluminiumsilikate dienen zur langsamen Abgabe von Wirkstoffen, so zum Beispiel Harnstoffdünger. Auch andere Dünger und Pflanzenschutzmittel sind auf diese Weise einsetzbar. Nanostrukturiertes Aluminium wird auch als Insektizid in Erwägung gezogen. Sogenannte Zeolithe (kristalline Aluminiumsilikate) weisen durch ihre spezielle Gitterstruktur eine sehr grosse innere Oberfläche (bis ca. 400 m²/g) auf. Dadurch erhält Zeolith, das heute auch nanoskalig hergestellt werden kann, eine bislang unerreichte Speicherkapazität für Wasser oder andere Stoffe und eignet sich für die Herstellung von Substraten oder Bodenverbesserern sowie als Mineraldünger.

6. Zinkoxid Nanopartikel

Zinkoxid Nanopartikel sind in der Landwirtschaft vor allem wegen ihren UV-blockierenden Eigenschaften von Interesse. Deshalb werden ZnO-Nanopartikel heute bereits in Sonnenschutzcremes eingesetzt werden. Es gibt auch Versuche, bei denen ZnO-Nanopartikel als Insektizide genutzt werden. Zudem gibt es Hinweise, dass Sojapflanzen dank Zinkoxid Nanopartikel besser wuchsen als Kontrollpflanzen in Böden ohne entsprechende Partikel.

7. Kupfer Nanomaterialien

Kupfer hat eine lange Tradition als Fungizid, speziell im Rebbau und im Biolandbau. Kupfer hat den Nachteil, dass oft relativ hohe Mengen eingesetzt werden müssen, um die Verbreitung von Pilzsporen zu verhindern. Mit Kupfer-Nanoformulierungen hofft man, den Eintrag von Kupfer in das Agrar-Ökosystem reduzieren zu können. Ein entsprechendes Patent von BASF für mit Polymeren gemischte nanoskalige amorphe (d.h. nicht kristalline) Kupfersalzen mit Partikelgrössen zwischen 1 und 200nm ist bereits erteilt.

8. Mehrwandige Carbon Nanotubes

Mehrwandige Carbon Nanotubes (CNT) scheinen die Wasseraufnahme in die Pflanze zu erhöhen und so das Pflanzenwachstum zu fördern. Bei Tomaten wurden erhöhte Keimraten der Samen beobachtet (siehe Abbildung 4). Das Verfahren wurde patentiert. In der Presse wurde vom neuen Superdünger CNT berichtet. Allerdings würde ein kommerzieller Einsatz von Carbon Nanotubes in der Landwirtschaft den Materialeintrag und Materialfluss dieser Nanopartikel in Böden dramatisch erhöhen. Daher müssten mögliche Folgewirkungen vorerst evaluiert werden.



Abbildung 4. Kohlenstoffnanoröhren (Carbon Nanotubes, CNT) beschleunigen das Wachstum von Tomatenkeimlingen. Links: Ohne Zugabe von Carbon Nanotubes; Mitte: Zugabe von 10 Mikrogramm CNT pro Milliliter Nährmedium; Rechts: Zugabe von 40 Mikrogramm CNT pro Milliliter Nährmedium. Bild: [Chemical & Engineering News](#)

Der erhoffte Nutzen

Die Agro-Industrie erhofft sich, dank der Nanotechnologie landwirtschaftliche Produkte zu revolutionieren. Produkte wie Nano-Pestizide werden in der Agro-Industrie seit längerem entwickelt. Die Entwicklungen haben die öffentliche Wahrnehmung noch kaum erreicht und staatliche Behörden äussern sich erst zurückhaltend.

Die häufigst genannten Nutzenfaktoren für die Landwirtschaft sind:

- Reduktion der Aufwandmengen von Agro-Chemikalien (Nano-Kapseln bzw. Nano-Fasern geben als Depots die Wirkstoffe gezielt ab und können folglich bei gleicher Wirkung sparsamer eingesetzt werden)
- Erhöhung der Wirksamkeit von Pestiziden, Düngern etc. (im Vergleich zu grösseren Partikeln einer Agro-Chemikalie sind Nanoteilchen reaktiver, biologisch aktiver und wirken stärker katalytisch. Durch den Einsatz von Nanoteilchen könnten landwirtschaftliche Produkte wie Pestizide durch bessere Wasserlöslichkeit, langanhaltende Wirkung oder bessere Aufnahme in die Pflanze wirksamer werden)
- Höherer Effizienz und umweltschonende Anwendungen sowie gezielte Freisetzung der Wirkstoffe durch Einkapselung der Wirkstoffe (Nano-Kapseln, die sich nur unter bestimmten Bedingungen wie Hitze, Sonnenlicht oder einer alkalischen Umgebung, z.B. im Inneren eines Insektenmagens, öffnen)
- Neuartige Rezepturen (beispielsweise von herkömmlichen Pestiziden, Wachstumsregulatoren und Mitteln zur Saatgutbehandlung)
- Verbesserungen der physikalischen und chemischen Eigenschaften des Bodens (Wasserhaltekapazität; intensivierte Wasseraufnahme durch die Pflanzen (z.B. durch Nanosilizium); Bekämpfung von Bodenpathogenen durch den Einsatz von Nanometalloxiden)
- Entwicklung von Nano-Biosensoren in Polymerbeschichteten Düngern, damit nur so viel Dünger freigesetzt wird, wie dies Signale von Ionen im Pflanzenwurzelbereich verlangen.

Inwieweit diese Ziele der Agro-Industrie zu Konzentrationsprozessen, Ausbildung von Monopolen, Abhängigkeiten und Veränderungen von Gewinnmargen der Landwirte, Chemisierung der landwirtschaftlichen Produktion oder generell zu einer weiteren Technisierung der Landwirtschaft führen, ist heute noch kaum ein Gegenstand von Diskussionen.

Die möglichen Risiken

Die Auswirkungen von Nanomaterialien auf Mensch und Umwelt sind noch wenig bekannt. In den letzten Jahren wurden die Risiken von synthetischen Nanomaterialien zwar erforscht, aber es ist nach wie vor unklar, ob und in welchem Ausmass gewisse Nanomaterialien Umweltprobleme und Schäden an der menschlichen Gesundheit verursachen können.

Schwierigkeiten für die Risikobeurteilung ergeben sich aus der Tatsache, dass Nanomaterialien im Vergleich zu klassischen Chemikalien unterschiedliche physikalische und chemische Eigenschaften aufweisen. Ein weiteres Problem stellt sich dadurch, dass es eine sehr grosse Anzahl chemisch ganz unterschiedlicher Nanopartikel gibt. Es ist kaum möglich, von Erkenntnissen über die Risiken eines bestimmten Nanopartikels auf die Risiken von anderen Nanopartikeln Schlussfolgerungen zu ziehen.

Die Wissenschaft ist sich heute einig, dass weitere Abklärungen nötig sind. Tatsächlich liegen insgesamt für Nanomaterialien erst wenige Daten zur Toxikologie, zum Ausbreitungsverhalten der Partikel in der Umwelt, zur Persistenz (Verbleib in der Umwelt), zur Interaktion mit Organismen oder zur Anreicherung in der Nahrungskette vor. Die Lücken bei Toxizitäts-

daten, Expositionseinschätzungen (Ausmass der Konzentration der Nanomaterialien in der Umwelt) und Mess- und Testmethoden sind beträchtlich.

Die Zahl der Forschungsergebnisse, die auf ein Risiko für Mensch, Tier und Umwelt durch Einwirkungen von Nanopartikeln hinweisen, nimmt laufend zu.

Forderungen zu Nanomaterialien in der Landwirtschaft

In ihrem Positionspapier zur Nanotechnologie fordert die SAG im Grundsatz ein Moratorium für Nanomaterialien im Lebensmittelbereich, bei Gebrauchsgegenständen und in der Landwirtschaft. Das Moratorium soll mindestens gelten bis nanospezifische Regelungen in Kraft sind und Daten zur Risikobewertung vorliegen. Zudem muss für die Konsumentinnen und Konsumenten die Wahlfreiheit zwischen Nano-Produkten und Nano-freien Produkten gewährleistet sein ([Positionspapier](#) SAG zur Nanotechnologie, Mai 2011).

Verschiedene andere NGOs in der Schweiz wie auch im Ausland fordern in gewissen Anwendungsbereichen ein Moratorium für synthetische Nanomaterialien. Der Geltungsbereich der Moratoriumsforderung wird unterschiedlich definiert, betrifft aber oft auch die Landwirtschaft (in der Schweiz z.B. Pro Natura, Greenpeace; im Ausland z.B. BUND, Friends of the Earth Europe, ETC Group, IFOAM). Die Biolandbauorganisationen beziehen die Forderungen konkret auf den Biolandbau. Bio Suisse beispielsweise stellt sich gegen jeglichen Einsatz von synthetischen Nanopartikeln in Bioprodukten mit der «Knospe».

Weitere Informationen

Die [SAG-Homepage](#) bietet regelmässig News zur Nanotechnologie an. In der Rubrik Themen > Nanotechnologie finden sich wichtige Informationen und Links zu massgebenden Webseiten.

Die farblich hervorgehobenen Textstellen in diesem nano-factsheet sind anklickbar und führen auf externe Webseiten.