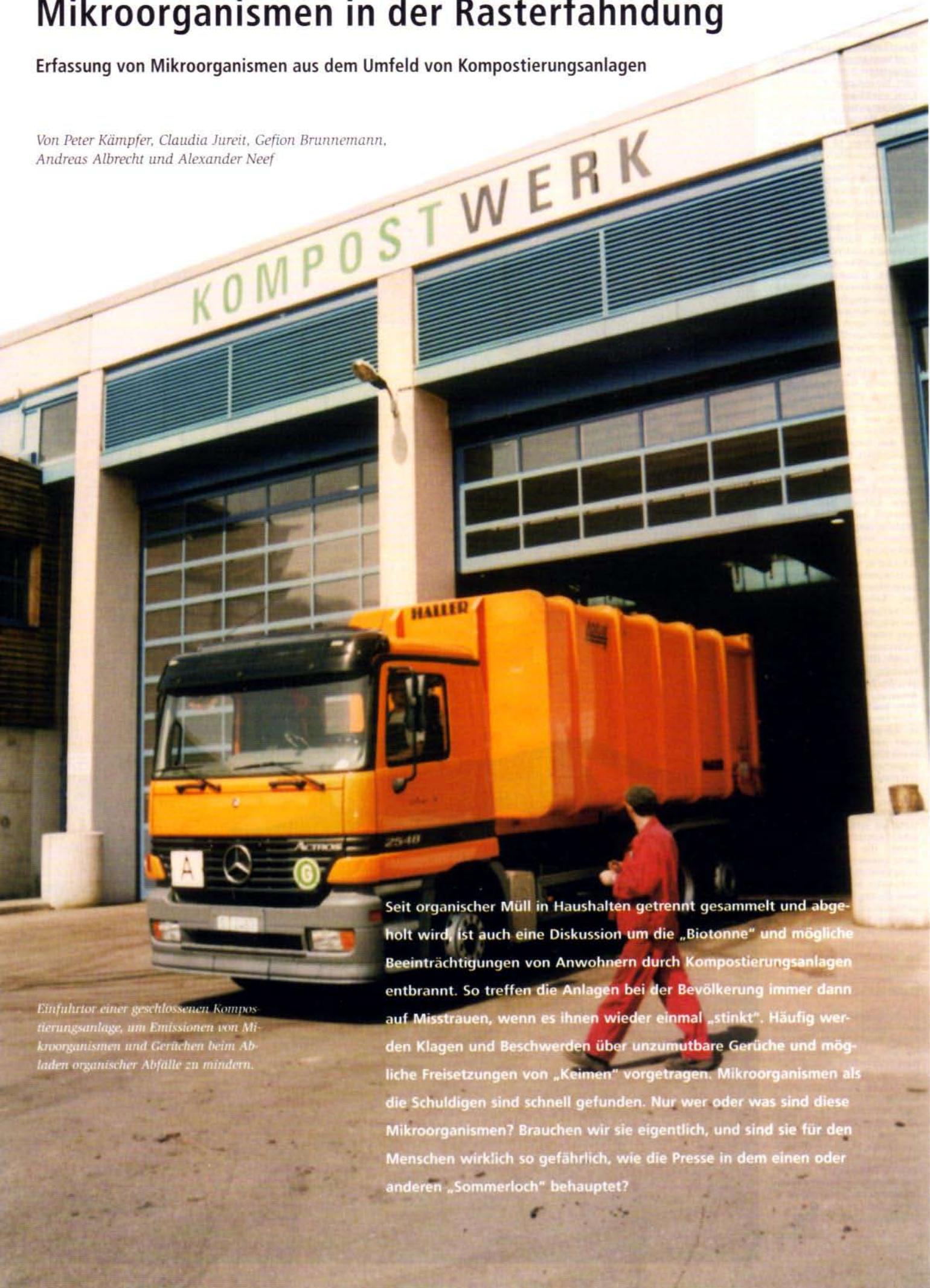


Mikroorganismen in der Rasterfahndung

Erfassung von Mikroorganismen aus dem Umfeld von Kompostierungsanlagen

Von Peter Kämpfer, Claudia Jureit, Gefion Brunnemann,
Andreas Albrecht und Alexander Neef



Einfahrt einer geschlossenen Kompostierungsanlage, um Emissionen von Mikroorganismen und Gerüchen beim Abladen organischer Abfälle zu mindern.

Seit organischer Müll in Haushalten getrennt gesammelt und abgeholt wird, ist auch eine Diskussion um die „Biotonne“ und mögliche Beeinträchtigungen von Anwohnern durch Kompostierungsanlagen entbrannt. So treffen die Anlagen bei der Bevölkerung immer dann auf Misstrauen, wenn es ihnen wieder einmal „stinkt“. Häufig werden Klagen und Beschwerden über unzumutbare Gerüche und mögliche Freisetzungen von „Keimen“ vorgetragen. Mikroorganismen als die Schuldigen sind schnell gefunden. Nur wer oder was sind diese Mikroorganismen? Brauchen wir sie eigentlich, und sind sie für den Menschen wirklich so gefährlich, wie die Presse in dem einen oder anderen „Sommerloch“ behauptet?

Am Institut für Angewandte Mikrobiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen stehen die kleinen Organismen (Abb. 1) im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten. In dem Projekt „Vermessung der Mikroorganismenmission von Kompostierungsanlagen und Erfassung der Immissionen in deren Umfeld“ unter der Leitung von Prof. Dr. Dr.-Ing. Peter Kämpfer wird untersucht, wie weit Mikroorganismen oder deren Produkte aus Kompostierungsanlagen in die Umgebung verfrachtet werden und ob auch über längere Strecken ein Transport durch die Luft möglich ist. Geforscht wird an insgesamt neun Kompostierungsanlagen in Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen.

Kompostierung

Bei der organischen Abfallverwertung leisten Mikroorganismen die entscheidende Arbeit. Sie zerlegen die gesammelten Garten- und Küchenabfälle wieder in ihre Ausgangsstoffe Kohlendioxid und Wasser. Erfolgt die Verwertung von organischen Abfällen unter Sauerstoffverbrauch, so spricht man von Kompostierung (siehe Abb.2). Die daran beteiligten Pilze und Bakterien sind bereits im Bioabfall vorhanden. Durch das große Angebot an leicht abbaubaren Stoffen zu Beginn des Kompostierungsprozesses und bei ausreichender Sauerstoffversorgung herrschen dort optimale Voraussetzungen für mikrobielles Wachstum. Bedingt durch die hohe Stoffwechselaktivität der Mikroorganismen und die Eigenschaft des Kompostmaterials, Wärme zu speichern, kommt es zu einer Erhitzung. Im Innern von Komposthaufen können Temperaturen bis zu 80 °C entstehen. Da es sich aufgrund der Zusammensetzung des Materials um ein heterogenes Gebilde handelt, herrschen im Inneren uneinheitliche Bedingungen, so dass für die Mikroorganismen unter-

schiedliche Wachstumsvoraussetzungen vorliegen. Daraus resultiert ein Temperaturgefälle von innen nach außen. Luftströmungen innerhalb des Komposts, die durch Wärmeabstrahlung oder bei technisierter Kompostierung durch Belüftungsmaßnahmen entstehen, verstärken dieses Gefälle noch.

Herrschen im Zuge des beschriebenen Selbsterwärmungsprozesses für mehrere Tage Temperaturen zwischen 55 und 60 °C, werden die mit dem Biomüll eingebrachten Mikroorganismen weitgehend abgetötet. Durch diese Selbsthygienisierung des Komposts werden auch Krankheitserreger vernichtet, die sich möglicherweise im Ausgangsmaterial befanden. Nach dem Absterben der hitzeempfindlichen (mesophilen) Mikroorganismen besiedeln hitzeliiebende (thermophile) Arten den Kompost. Bei höheren Temperaturen setzen insbesondere thermotolerante und thermophile Actinomyceten (Bakterien) und Pilze die relativ schwer abbaubaren

Substanzen um. Diese für den Kompostierungsprozess typischen Mikroorganismen werden im Projekt „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ herangezogen, um eine mögliche Beeinträchtigung der Luft in der Umgebung von Kompostierungsanlagen festzustellen.

Nach einigen Wochen der Kompostierung beschränken sich die mikrobiellen Prozesse vor allem auf den schwer abbaubaren Humuskomplex des eingebrachten organischen Materials. Auch diese Phase trägt noch zur „Reifung“ des Komposts bei. Ist der Wärmeverlust größer als die mikrobielle Wärmeproduktion, kühlt der Kompost auf Umgebungstemperatur ab. Der Rotteprozess ist weitestgehend abgeschlossen, und der fertige Kompost kann als Zusatzstoff für Pflanzsubstrate und Erden verkauft werden. (Eine ausführliche Darstellung von Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen liefert die Studie von Kämpfer/Weißenfels:

Foto: Albrecht



Abb. 1: Nährboden mit verschiedenen koloniebildenden Mikroorganismen.



Peter Kämpfer, Jahrgang 1960, Studium der Fächer Biologie und Technischer Umweltschutz an den Universitäten Bonn und Berlin (TU). Promotion zum Dr.-Ing. am Fachbereich Umwelttechnik der TU Berlin und Promotion zum Dr. rer. nat. an der Universität Bonn 1990. Habilitation im Jahre 1993 an der TU Berlin. Von 1986 bis 1994 wissenschaftlicher Assistent am Fachgebiet Hygiene (Fachbereich Umwelttechnik) der TU Berlin, von 1994 bis 1995 wissenschaftlicher Oberassistent am Institut für Hygiene und Umweltmedizin der RWTH Aachen. Seit 1995 Professor für Mikrobiologie der Recycling-Prozesse an der Justus-Liebig-Universität Gießen. Arbeitsschwerpunkte: Untersuchungen zu Struktur und Funktion bakterieller Lebensgemeinschaften im Rahmen umwelttechnisch relevanter Prozesse, z.B. Abwasserreinigung, biologische Abfallbehandlung etc. Seit Anfang 2000: Projektleiter des vom BMBF geförderten Koordinationsprojekts: Vermessung der Mikroorganismenmissionen von Kompostierungsanlagen und Erfassung der Immissionen in deren Umfeld. Obmann der VDI-DIN Arbeitsgruppe „Luftgetragene Mikroorganismen und Viren“ sowie Mitglied im Ausschuss für biologische Arbeitsstoffe beim Bundesministerium für Arbeit und Sozialordnung.

„Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen“.)

Forschung in der Praxis

Im Rahmen des vom Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ werden in den Jahren 2000 und 2001 umfangreiche Untersuchungen mit standardisierten Methoden durchgeführt, um zu klären, inwieweit Mikroorganismen oder deren Produkte aus Kompostierungsanlagen durch die Luft in die Umgebung transportiert werden. An den vom Institut für Angewandte Mikrobiologie koordinierten Untersuchungen sind außerdem das Institut für Hygiene und Umweltmedizin der Justus-Liebig-Universität Gießen, der Deutsche Wetterdienst (DWD) und der TÜV Süddeutschland beteiligt. Mit der Erfassung der Mikroorganismen sollen auch zeitgleich auftretende Gerüche aufgenommen und analysiert werden. Zusätzlich befragen Ärzte die Anwohner einzelner Kompostierungsanlagen über ihre möglichen Beschwerden, Gesundheitsbeeinträchtigungen und Erkrankungen.



Abb. 2: Kompostmieten in verschiedenen Rottestufen.

Bisherige Studien

Bisherige Untersuchungen und Studien erbrachten nur bedingt vergleichbare Ergebnisse, inwieweit sich Emissionen (Freisetzungen) von Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen auf das Umfeld der Anlagen auswirken, da sowohl für die Probenahme als auch für den Nachweis von Mikroorganismen unterschiedliche Sammel- und Nachweisverfahren eingesetzt wurden. Erst in jüngster Zeit wurden in verschiedenen Bundesländern vergleichende Untersuchungen zu Auswirkungen von biologischen Abfallbehandlungsanlagen vorgenommen.

Dazu gehört die Studie „Umweltmedizinische Relevanz von Emissionen aus Kompostierungsanlagen für die Anwohner“, die das Hessische Umweltministerium 1997 in Auftrag gegeben hat. Für die Untersuchungen wurde in einer Zusammenarbeit des Instituts für Hygiene und Umweltmedizin, des Instituts für Angewandte Mikrobiologie und des Instituts für Medizinische Statistik der Justus-Liebig-Universität Gießen mit der Hessischen Landesanstalt für Umwelt ein Programm erarbeitet und ausgeführt, das sowohl die Messungen von Mikroor-

ganismen und mikrobiell verursachten organischen Verbindungen unter optimalen Ausbreitungsbedingungen als auch Befragungen der betroffenen Bevölkerung nach gesundheitlichen Auswirkungen umfasste. Diese Untersuchungen wurden an den Kompostierungsanlagen Groß-Umstadt/Semd, Homberg (Efze) und Kassel-Niederzwehren durchgeführt. Im Vordergrund stand die Frage nach einem möglichen Zusammenhang zwischen den aus Kompostierungsanlagen freigesetzten Mikroorganismen und gesundheitlichen Beeinträchtigungen bei Anwohnern der Anlagen. Aufgrund der Ergebnisse lässt sich sagen, dass bei bestimmten Wetterlagen und unter speziellen topografischen Gegebenheiten Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen über Entfernungen von mehreren hundert Metern in die Umgebung getragen werden können. Bei allen drei Anlagen traten weder Asthma noch Infektionserkrankungen oder andere Krankheiten im exponierten Wohngebiet häufiger auf als im Vergleichsgebiet. Allerdings wurde die ungewöhnlich hohe Exposition in der Umgebung einer Anlage, die aufgrund der besonderen Topografie und Wettersituation möglich war, aus medizinischer Sicht als auf Dauer nicht akzeptabel eingestuft und dringend eine Nachuntersuchung empfohlen.

In einer Studie im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Landesentwicklung und Umweltfragen wurden an insgesamt fünf Anlagen in Bayern über einen Zeitraum von zwölf Monaten systematische Messungen zur Erfassung von Emissions- und Immissionsdaten (siehe Randspalte) luftgetragener Mikroorganismen durchgeführt. Die bayerischen Untersuchungen ergaben, dass ab einer Entfernung von 500 Metern mit keinen negativen Auswirkungen durch Emissionen und Immissionen von Mikroorganismen auf das Wohl der Bevölkerung in der Umgebung von den hier beispielhaft untersuchten Kompostierungsanlagen zu rechnen ist.

Bisher erstellte Prognosen zu Geruchsausbreitungen haben sich als



Andreas Albrecht, Jahrgang 1963. Studium der Biologie in Braunschweig. 1997 Promotion mit einer Dissertation über die „Ökophysiologie der Denitrifikation (insbesondere der N₂O-Bildung) von *Streptomyces violaceoruber*“. 1998 bis 1999 Projektkoordinator des BMBF-Vorhabens „Erarbeitung der Ausschreibungsunterlagen zur Vermessung der Mikroorganismenemissionen von Kompostieranlagen und Erfassung der Immissionen in deren Umfeld“. Seit 1999 Koordinator des interdisziplinären Forschungsvorhabens „Vermessung der Mikroorganismenemissionen von Kompostieranlagen und Erfassung der Immissionen in deren Umfeld“.

Strömungs- und Ausbreitungsverhältnisse nach Ausbilden der Bergwinde

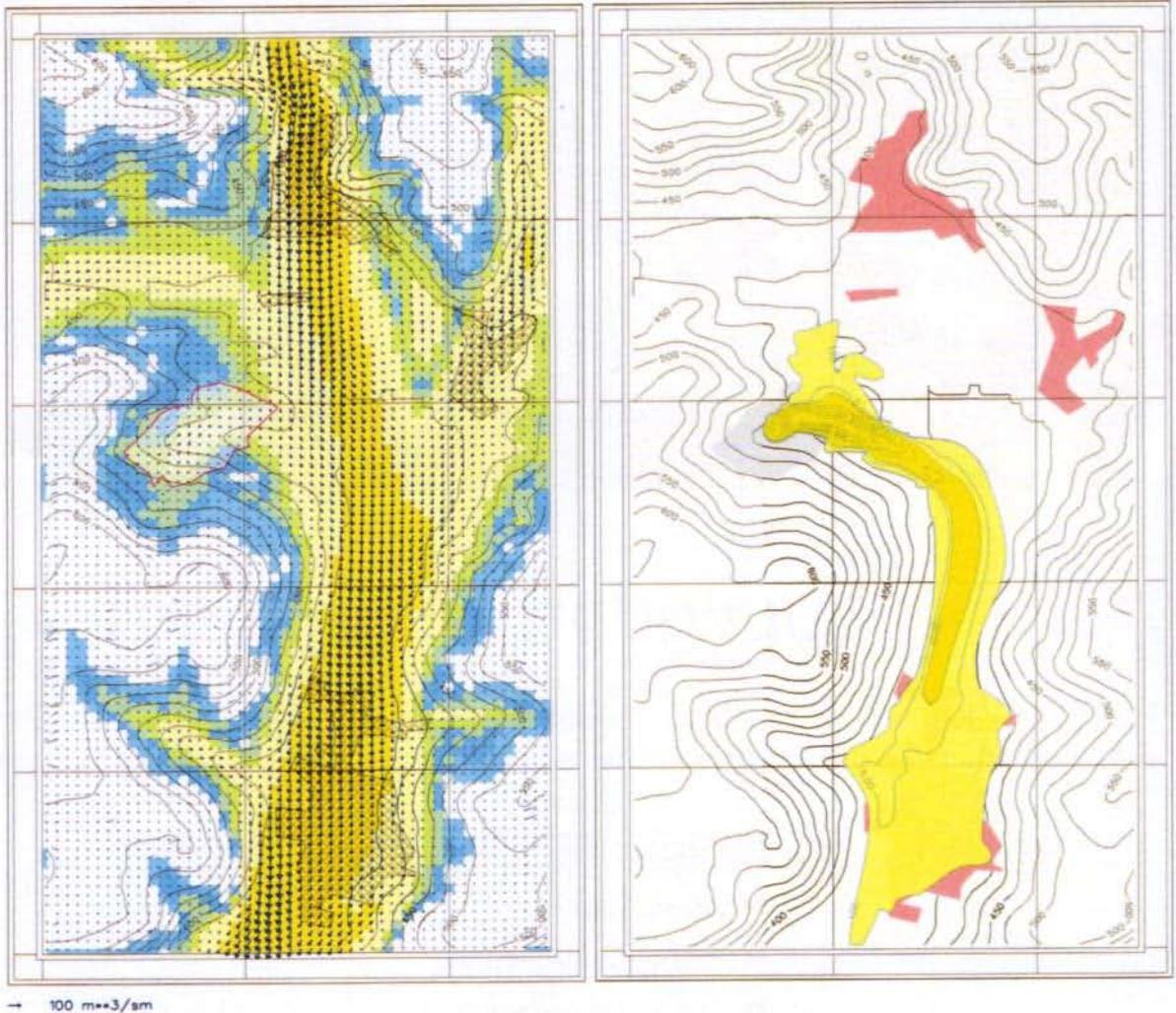


Abb. 7: Grafische Darstellung von Strömungs- und Ausbreitungsverhältnissen nach Ausbilden von Winden.

Grafik: Richter & Röckle

Emissionen sind Luftverunreinigungen, z.B. Mikroorganismen. Sie werden direkt bei ihrem Austritt aus der „Quelle“, wie z.B. Komposthaufen, gemessen. Immissionen sind die Folge der Emission luftverunreinigender Stoffe, die auf Menschen, Tiere und Pflanzen einwirken.

nicht ausreichend erwiesen, so dass in Zukunft sowohl topografische Verhältnisse als auch meteorologische Bedingungen stärker berücksichtigt werden müssen.

Projektbeschreibung

Aufbauend auf den Vorläuferstudien schließt sich das derzeit vom Institut für Angewandte Mikrobiologie koordinierte Projekt „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ an. In dem interdisziplinär ausgerichteten Projekt führt das Institut für Hygiene und Umweltmedizin eine Beurteilung aus me-

dizinischer Sicht durch. Der DWD dokumentiert die meteorologischen Bedingungen während der Untersuchungen. Die Messungen der Mikroorganismen werden vom TÜV Süddeutschland und dem Institut für Angewandte Mikrobiologie organisiert und durchgeführt.

Insgesamt neun Kompostierungsanlagen aus Baden-Württemberg, Hessen, Niedersachsen und Nordrhein-Westfalen werden auf die Freisetzung von Mikroorganismen untersucht. Den Einsatztermin für die Messungen bestimmt der DWD anhand der kleinräumigen meteorologischen Situation. An den jeweiligen Anlagestand-

orten sollen während der Untersuchungen Wettersituationen vorherrschen, die zum einen die häufigsten klimatischen Verhältnisse widerspiegeln („normal-case“), zum anderen solche Bedingungen, die in der Vergangenheit Anlass zu Geruchsbeschwerden gaben („real-worst-case“). Abhängig vom Standort und der meteorologischen Situation werden in Gegenden mit geneigtem Gelände für den Transport von Gerüchen in windstillen Nächten häufig sogenannte Kaltluftströme verantwortlich gemacht, welche ohne Verwirbelungen die Emissionen einer Kompostierungsanlage ins hangab-



Alexander Neef, Jahrgang 1968, Studium der Biologie an der Technischen Universität München. 1993 Diplom, Thema: Nachweis von luftgetragenen Mikroorganismen mit 16S-rRNA gerichteten Oligonucleotidsonden. Promotion 1996 an der Technischen Universität München. 1997 Erhalt des Forschungsprieses der Gesellschaft Hygiene und Umweltmedizin für seine bisherigen Arbeiten. Seit 1996 wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Angewandte Mikrobiologie der Justus-Liebig-Universität Gießen. Arbeitsschwerpunkte: molekularbiologischer Nachweis und Identifizierung von Bakterien aus dem Boden, dem Abwasser und der Luft.

Foto: Albrecht

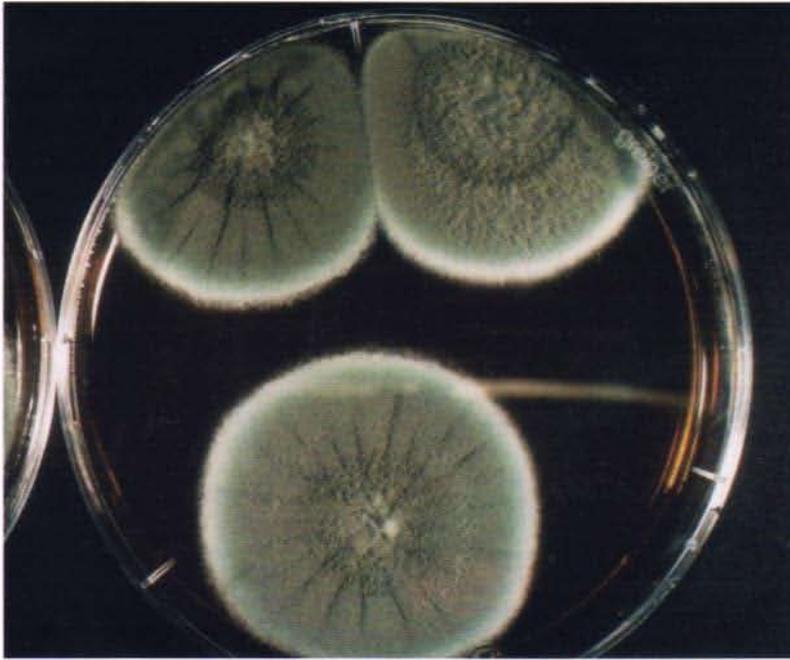


Abb. 3: Drei Kolonien von *Aspergillus fumigatus* auf einem spezifischen Nährboden (Größe der Kolonien: 3-4 cm).

wärts gelegene Wohngebiet transportieren können.

Da neben den Messungen zu Emissionen und Immissionen von Mikroorganismen auch zeitgleich auftretende Gerüche mit standardisierten Verfahren aufgenommen und ausgewertet werden, ist es möglich, die bisher nicht eindeutig geklärte Frage zu beantworten, ob im Umfeld von Kompostierungsanlagen ein Zusammenhang zwischen der (verstärkten) Wahrnehmung von Gerüchen und einer Erhöhung der Konzentration von Mikroorganismen besteht.

Entscheidend für die Bewertung der Emissions- und Immissionsmessungen sind vor allem wärmeliebende Mikroorganismen (thermotolerante und thermophile Pilze und Actinomyceten), die bei der Kompostierung verstärkt auftreten. Weitere Gruppen von Mikroorganismen, die zur Untersuchung herangezogen werden, sind Schimmelpilze und „Gesamtkeime“. Zur Einschätzung der umweltmedizinischen Bedeutung der Freisetzung von Mikroorganismen ist neben einer Bestimmung der Konzentrationen von Mikroorganismen in der Luft auch die Identifizierung medizinisch relevanter Organismen vor-

gesehen, die ein allergenes Potenzial besitzen, wie z.B. *Aspergillus fumigatus* und *Saccharopolyspora rectivirgula* (Abb. 3 und 4).

Messungen, die sich mit der Erfassung sogenannter luftgetragener Mikroorganismen beschäftigen, lassen sich in Emissions- und Immissionsmessungen trennen. Für Immissionsmessungen werden Luftkeimsammelgeräte (Abb. 5) in unterschiedlichen Entfernungen zum jeweiligen Kompostwerk eingesetzt. Emissionen werden direkt an der Quelle (z. B. Biofilter) ermittelt (siehe Abb. 6). Die eingesammelten Mikroorganismen werden anschließend auf spezifische Nährmedien aufgetragen und bei unterschiedlichen Temperaturen verschieden lang bebrütet. Anschließend werden die sichtbaren Pilz- und Bakterienkolonien ausgezählt.

Die verschiedenen Typen von Kompostierungsanlagen, Kompostierungsverfahren, topografischen Verhältnissen und klimatischen Bedingungen erfordern es, alle Ergebnisse aus den Bereichen der Mikrobiologie, Meteorologie und Umweltmedizin, die in dem zweijährigen Untersuchungszeitraum gewonnen werden, gesammelt zu betrachten.

Abb. 5: Messung der Mikroorganismengehalte in der Umgebungsluft mit Hilfe von Luftkeimsammelgeräten.



Prognosemodelle

Ein wichtiger Teil des Gesamtprojektes ist die Arbeit mit Ausbreitungsmodellen. Da die experimentelle Bestimmung von Mikroorganismenkonzentrationen im Umfeld von Kompostierungsanlagen relativ aufwendig und damit teuer ist, ist es kaum möglich, flächendeckende Zeitreihen der Immissionen unter verschiedensten Umgebungsbedingungen zu erstellen. Aus Einzelmessungen lassen sich aber nur Aussagen über die Verhältnisse zu einem be-

Foto: Jureit



Abb. 4: Kolonie von *Saccharopolyspora rectivirgula* auf einem spezifischem Anreicherungsmedium (Größe einzelner Kolonien 1-2 cm).

stimmten Zeitpunkt am Messort treffen. Daher bietet die Modellierung der Ausbreitung von Mikroorganismen mit Hilfe von Computern eine Möglichkeit, unterschiedliche Szenarien zu berechnen und so bereits bei der Planung und auch während des laufenden Betriebes die Immission von Mikroorganismen in der Umgebung der Anlagen abzuschätzen (Abb. 7). Zur Validierung der Modelle und zur Festlegung der Randbedingungen sind Messdaten in möglichst großer Zahl erforderlich, da insbesondere bei Kompostierungsanlagen eine starke zeitliche Fluktuation der Emissionen beobachtet wird.

Generell sind für die Ausbreitung von Luftbeimengungen die Emission, der Transport durch die Luft und die Immission der betrachteten Substanz von Bedeutung. Diese drei Prozesse sind wiederum von verschiedenen Faktoren abhängig:



Abb. 6: Biofilter, bestehend aus Wurzelholz, Rindenmulch und Kompost, reduziert geruchsintensive Stoffe, Schadstoffe, organische Partikel und Mikroorganismen in der Abluft.

Die Emissionen werden bei Kompostierungsanlagen vor allem durch Arbeiten wie Anlieferung von organischen Abfällen, Umset-

zen des Kompostes, Häckseln und Sieben freigesetzt (Abb. 8). Es spielen aber auch die mikrobiologische Aktivität des Materials sowie mete-



orologische Faktoren wie Luftfeuchte, Luftdruck, Windgeschwindigkeit und Temperatur eine Rolle. Der Transport der Partikel durch die Luft hängt ganz wesentlich von den Windverhältnissen und der Temperaturschichtung in der bodennahen Atmosphäre ab. Für die Immissionen sind die Eigenschaften der transportierten Substanz sowie wiederum die Umgebungsbedingungen entscheidend. Bei der Betrachtung der Ausbreitung von Mikroorganismen sind weitere Parameter zu berücksichtigen, die deren Überlebensfähigkeit beeinflussen, wie z.B. eine Abtötung der Organismen durch UV-Strahlung.

Für die Ausbreitungsmodellierung gibt es drei grundsätzlich unterschiedliche Ansätze, die auch kombiniert werden können: Der erste Ansatz sind mechanistische Modelle wie das Gaußmodell (Referenzmodell nach Bundesimmissionsschutzgesetz), das Eulermodell oder das Lagrange-Partikel-Modell, welche die Ausbreitung allein auf der Grundlage der physikalisch-meteorologischen Zusammenhänge beschreiben. Sie werden bisher vor allem bei der Berechnung der Ausbreitung abiotischer Substanzen eingesetzt, sind in der Regel sehr komplex und benötigen einen großen Rechenaufwand. Phänomenologische Modelle (z.B. Potenzmodell, Zelluläre Automaten) dagegen beschreiben die Abnahme der Konzentrationen im Umfeld einer Quelle mehr oder weniger genau, sie berücksichtigen aber die Gründe für die Ausbreitung der Substanz nicht. Auch bei statistischen Modellen (z.B. Zeitreihen, Markovmodell), dem dritten Ansatz, wird nicht nach Einflussfaktoren differenziert, hier werden stochastische Gesetzmäßigkeiten zugrunde gelegt.

Auf der Basis der ersten Messungen wird zunächst getestet, inwieweit bestehende Modelle für die Beschreibung der Ausbreitung von Mikroorganismen geeignet sind und welche Modifikationen gegebenenfalls vorgenommen werden müssten. Eventuell wird auch die Entwicklung eines neuen Modells notwendig, das biologische Prozesse stärker berücksichtigt. Die erlangten Kenntnisse sollen Betreibern von Anlagen, Behörden und der Bevölkerung mehr Sicherheit und Wissen



Abb. 8: Mobile Siebeinrichtung zur Fraktionierung von Kompostmaterial.



Gefion Brunneemann, Jahrgang 1965, Studium der Meteorologie an der Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt. Wissenschaftliche Mitarbeiterin im Bayerischen Klimaforschungsprogramm an der Ludwig-Maximilians-Universität München mit dem Arbeitsschwerpunkt Messung der physikalisch-chemischen Eigenschaften von Aerosolpartikeln und deren Auswirkungen auf atmosphärische Prozesse. Vorbereitung einer Dissertation zu diesem Thema. Seit 2000 wissenschaftliche Mitarbeiterin im Institut für Angewandte Mikrobiologie mit dem Tätigkeitsgebiet Modellierung der Ausbreitung luftgetragener Mikroorganismen.

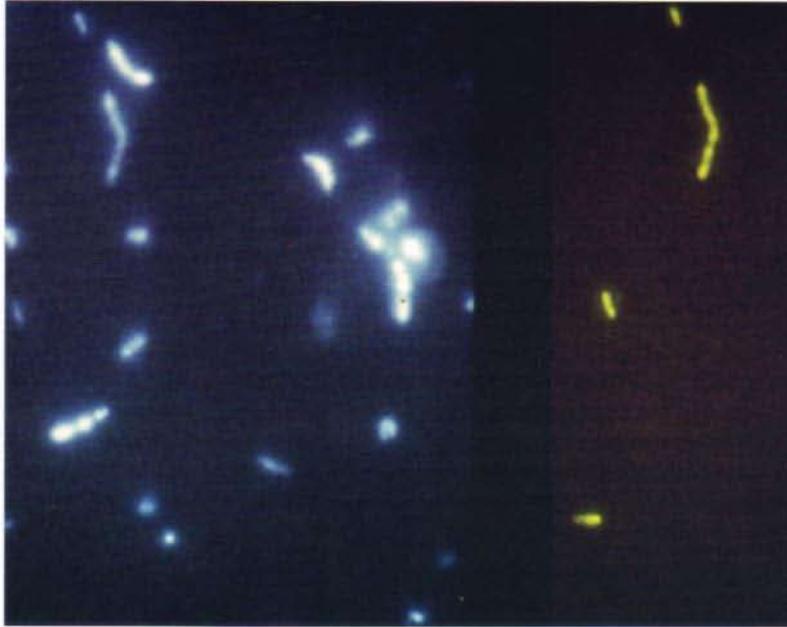


Abb. 9: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Bakterienzellen (Größe der Zellen 2-4 µm). Links: Anfärbung eines Aerosolgemisches zur Bestimmung der Gesamtzahl von Mikroorganismen. Rechts: Nachweis bestimmter Organismen mit Hilfe einer Gensonde.

über die Ausbreitung von Mikroorganismen geben.

Schnellere Identifikationsmethoden

Ein weiteres Projekt am Institut für Angewandte Mikrobiologie ist die „Methodenentwicklung zum direkten und spezifischen Nachweis von luftgetragenen Mikroorganismen aus Bioabfallbehandlungsanlagen“, das mittlerweile von der Deutschen Bundesstiftung Umwelt gefördert wird. Klassische Methoden der Analyse von luftgetragenen Organismen (z.B. Auszählung auf Nährmedien) erfassen lediglich die vermehrungsfähige Fraktion, nicht

kultivierbare Organismen bleiben somit unerkannt. Da mikrobielle Aerosole (luftgetragene Partikel) in Zusammensetzung und Konzentration je nach ihrem Ursprung sehr verschiedenartig sein können, erschwert dies zusätzlich das Auffinden der in der Luft fein verteilten Mikroorganismen mit Standardmethoden.

Bei der hygienischen Untersuchung von Luft wird zunächst die Konzentration der Organismen gemessen um festzustellen, ob die Luft belastet ist. Bei einer entsprechend hohen Belastung der untersuchten Luftprobe werden anschließend solche Mikroorganismen identifiziert, die ein allergenes oder infektiöses Potenzial besitzen. Mit herkömmlichen Methoden können diese Fragen häufig nicht ausreichend genau und nur verzögert beantwortet werden, da der Zeitaufwand für solche Analysen meist ein bis zwei Wochen beträgt und sie sehr arbeitsintensiv sind.

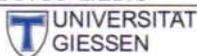
In der Forschung wird seit einigen Jahren daran gearbeitet, mikrobiologische Methoden, mit Hilfe derer Mikroorganismen effektiver nachgewiesen werden können, an die Besonderheiten der Analyse

von mikrobiellen Aerosolen anzupassen. Ansatzpunkt ist der Verzicht auf eine zeitaufwendige und selektive Kultivierung der Organismen, wie in der klassischen Koloniezählung üblich. Stattdessen soll sich der Nachweis unmittelbar an die Sammlung des mikrobiellen Aerosols anschließen. Da die gesammelten Zellen nicht vermehrt werden, ist die mikroskopische Analyse die Methode der Wahl. Eine Zellfärbung macht die oft nur 1 µm (das ist ein Tausendstel Millimeter) kleinen Partikel sichtbar. Auf dieser Grundlage kann dann die Gesamtzahl von Mikroorganismen in einer Luftprobe bestimmt werden.

Zur Identifizierung der Mikroorganismen, muss ein spezifischer Nachweis einzelner Organismen eines Aerosolgemisches durchgeführt werden. Dazu wird als molekularbiologische Methode die Fluoreszenz-in-situ-Hybridisierung (FISH) verwandt. Einzelne Zellen werden gefärbt und so mikroskopisch sichtbar gemacht. Dazu werden fluoreszenz-markierte Oligonukleotide – häufig als Gensonden bezeichnet – verwendet (Abb. 9 und 10).

Zur Herstellung der Gensonde bedient man sich bestimmter Moleküle, der ribosomalen Ribonukleinsäure (rRNA). Dieser Nukleinsäure-Typ weist eine für jede Organismenart spezifische "Sequenz" auf, auch Basenabfolge genannt. Die charakteristische Kombination der einzelnen Basenbausteine der RNA (Guanin, Adenin, Cytosin und Uracil) ermöglicht das Finden bestimmter Zellen in einem komplexen Gemisch. Die hochspezifische Bindung hat man sich wie das einmalige Zusammenpassen zweier paralleler Ketten von Puzzleteilen vorzustellen, bei dem jedes Element mit dem Gegenüber zusammenpassen muss. Nur wenn alle Einzelpartner passen, wird die Zelle farbig markiert. So wird buchstäblich das Auffinden einer Stecknadel im Heuhaufen möglich. Mit eigenen Sonden für Indikatororganismen wie *Saccharopolyspora rectivirgula* (Bakterium) können Umweltproben analysiert werden. Ein positiver Nachweis deutet auf das Vorhandensein relevanter Organismen.

JUSTUS-LIEBIG-



Prof. Dr. Dr.-Ing. Peter Kämpfer

Institut für Angewandte Mikrobiologie
IFZ für Umweltsicherung
Heinrich-Buff-Ring 26-32
35392 Gießen
Tel.: 0641/99-37352
Fax: 0641/99-37359
e-mail: peter.kaempfer@agrar.uni-giessen.de



Claudia Jureit, Jahrgang 1969, studierte Agrarwissenschaften an der Christian-Albrechts-Universität in Kiel. 1997 Diplom. Anschließend Öffentlichkeitsarbeit bei einem landwirtschaftlichen Anbauverband und Ausbildung zur Fachzeitschriftenredakteurin. Seit Ende 1999 ist sie als wissenschaftliche Mitarbeiterin am Institut für Angewandte Mikrobiologie für die Öffentlichkeitsarbeit des BMBF-Projektes „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ zuständig.

LITERATUR:

- Bayerisches Staatsministerium für Landesentwicklung und Umweltfragen (1999) Keimemissionen aus biologischen Abfallbehandlungsanlagen, München.
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Landwirtschaft und Forsten (1999) Umweltmedizinische Relevanz von Emissionen aus Kompostierungsanlagen für die Anwohner, Wiesbaden.
- Kämpfer, P., Weissenfels, W.D. (1997) Luftgetragene Mikroorganismen in Abfallbehandlungsanlagen. Vereinigung für Allgemeine und Angewandte Mikrobiologie, Lieskau, S. 1-152.

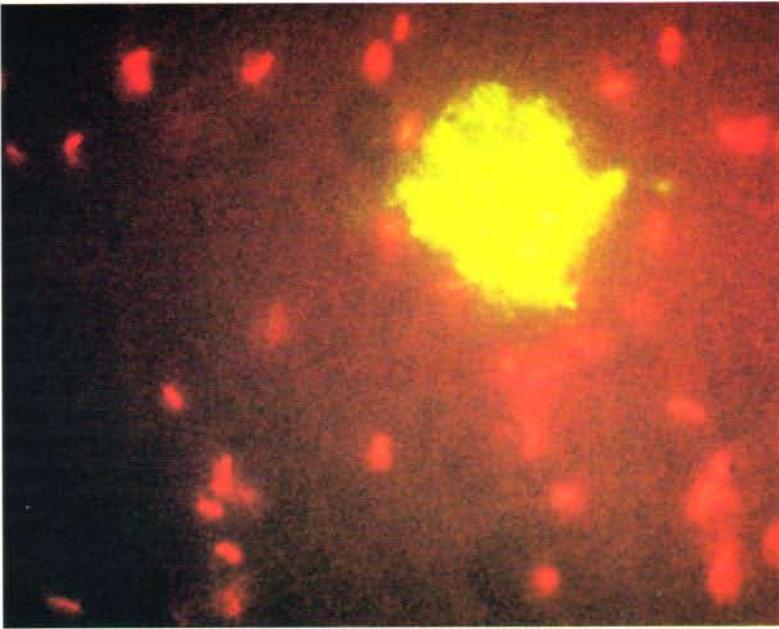


Abb. 10: Fluoreszenzmikroskopische Aufnahme von Bakterienzellen (Größe der Zellen 2-4 μm). Spezifischer Nachweis einzelner Mikroorganismen eines Aerosolgemisches und einer daraus gewachsenen Mikrokolonie mit Hilfe von Sonden.

men hin. Bis solche Hilfsmittel jedoch vorliegen, ist erst ein aufwendiger Weg des Testens zahlreicher Referenzarten notwendig, um sicher zu sein, dass man mit einer neuen Sonde auch tatsächlich nur solche Zellen nachweist, die man erfassen will. Angestrebt ist die Entwicklung routinemäßig durchführbarer Verfahren, mit denen die Gesamtzellzahl bestimmt und Leitorganismen unabhängig von ihrer Kultivierbarkeit durch in situ-Hybridisierung mit spezifischen rRNA-gerichteten Oligonukleotidsonden nachgewiesen werden können.

Potenzielle Gesundheitsgefahren durch Emissionen von Mikroorganismen sind immer wieder Gegenstand von Diskussionen mit der Bevölkerung während der Planung und beim Betrieb von Kompostierungsanlagen. Hier knüpft das Projekt „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ seinen Kontakt zur Öffentlichkeit, und Grundlagenforschung erhält ihre Anwendung in der Praxis.

Ein Ziel des Forschungsprojektes ist es, genauere Kenntnisse über die Ausbreitung von Mikroorganismen als bisher zu erhalten. Die mit Hilfe der Messdaten verbesserten Prognosemodelle sollen in Zukunft

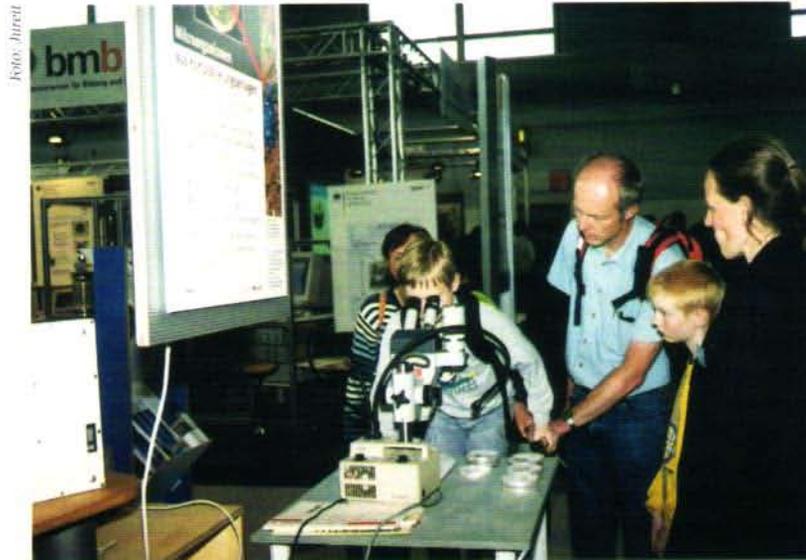


Abb. 11: Messepräsentation: Wie verschiedene Mikroorganismen aussehen, davon konnten sich die Besucher am Messestand des Projektes ein Bild machen.

helfen, Standorte für geplante Anlagen besser prüfen zu können. Bei schon bestehenden Anlagen können die Modelle genutzt werden, um technisch sinnvolle Maßnahmen zu finden, welche die Emissionen von Mikroorganismen verringern.

In dem Projekt ist eine Stelle für Öffentlichkeitsarbeit eingerichtet, die sowohl Ansprechpartner für al-

le am Projekt beteiligten Gruppen als auch für interessierte Bürger ist. Hier werden Informationen ausgetauscht und Fragen beantwortet. Jeder Bürger kann sich rund um das Thema „Mikroorganismen aus Kompostierungsanlagen“ informieren (Abb. 11). Auf Anfrage gibt es ein Faltblatt mit der Projektbeschreibung. Alles weitere unter www.bacterium.de im Internet. •