

Umweltverschmutzung in Indonesien

Potentielle Risiken durch Luftschadstoffe für die Ökosysteme Javas

Von Ulrich Scholz, Willibald Haffner, Thomas Christiansen, Nicolae Atanasiu, Christian Kunze und Wolf-Dieter Erb

Im Auftrag des Bundesministeriums für Forschung und Technologie (BMFT) und in Zusammenarbeit mit der Programmgruppe Systemforschung und Technologische Entwicklung (STE) am Forschungszentrum (KFA) Jülich hat ein interdisziplinäres Wissenschaftlerteam der Universität Gießen in den vergangenen zwei Jahren ökologische Untersuchungen in Indonesien durchgeführt. Aufgabe des aus Geographen, Biologen und Agrarwissenschaftlern zusammengesetzten Teams war es, eine Abschätzung der potentiellen Umweltgefährdung vorzunehmen, die sich aus der zukünftigen Emission von Luftschadstoffen aus dem Energiesektor, also in erster Linie SO_2 , NO_x und Staub, für die Insel Java ergeben wird. Neben den Autoren wirkten acht Studenten und Studentinnen vom Geographischen Institut und vom Botanischen Institut an der Studie mit und hatten so die Gelegenheit, Forschungserfahrung zu sammeln und Umweltprobleme in Entwicklungsländern vor Ort kennenzulernen.

Die Studie bildete einen wesentlichen Bestandteil eines umfassenden Forschungsprogramms zwischen der indonesischen und der deutschen Regierung, bei dem es um die Festlegung einer Strategie der Energieversorgung für Indonesien bis zum Jahre 2021 geht. Nach Voruntersuchungen durch die KFA/STE Jülich ist bei dem gegenwärtigen Bevölkerungs- und Wirtschaftswachstum damit zu rechnen, daß sich der Energieverbrauch bis zum Jahre 2021 fast verfünffachen wird. Einen überproportionalen Anteil der Energieerzeugung werden in Zukunft Kohlekraftwerke (Abb. 1) übernehmen müssen, wobei freilich auch die traditionelle Biomasseverbrennung in den

Haushalten weiter anhalten wird. Hinzu kommt der geradezu eskalierende Straßenverkehr (Abb. 2). Von dieser Entwicklung wird besonders die Insel Java (Abb. 3) betroffen sein, wo sich auf einer Fläche von nur wenig mehr als einem Drittel der Bundesrepublik Deutschland mehr als 110 Millionen Menschen drängen und die mit durchschnittlich 820 Einwohner/ km^2 zu den am dichtesten besiedelten Regionen der Erde zählt. Die Insel hat schon jetzt erheblich unter Luftschadstoffen zu leiden. In der 8-Millionen-Stadt Jakarta (Abb. 4) übertraf bereits 1991 die Konzentration an NO_2 und Staub die Werte des Ruhrgebietes. Wenn keine emissionsreduzierenden

Maßnahmen getroffen werden („Doing Nothing-Case“), werden sich im Falle Javas nach den Prognosen der KFA/STE Jülich bis zum Jahre 2021 die Werte für Staub verdreifachen, für NO_2 versiebenfachen und für SO_2 verachtfachen. In Erwartung solcher Schadstofffreisetzen stellt sich natürlich die Frage, ob auf Java schon in Kürze mit ähnlichen Umweltproblemen zu rechnen ist, wie wir sie heute in den Industrieländern erleben.

Hier setzte die Studie des Teams der Universität Gießen an. Dabei ging es darum, aus den Erfahrungen der Industrieländer und den für Indonesien und andere tropische Entwicklungsländer verfügbaren Daten Szenarien für die bestehende und zukünftige Situation auf Java zu entwickeln.

Zwei Aufgabenbereiche bildeten den Kern der Studie:

1. Abschätzung und Bewertung der potentiellen Gefahren von Luftschadstoffen aus dem Energiesektor (SO_2 , NO_x und Staub) auf Böden, Vegetation, landwirtschaftliche Nutzflächen und Gewässer der Insel Java bis zum Jahre 2021. Dieser mehr generelle Teil der Studie basierte auf umfangreichen Quellenstudien in Deutschland und Holland, dem Besuch internationaler landwirtschaftlicher Forschungsinstitute in Italien und auf den Philippinen sowie einem vierwöchigen Feldforschungsaufenthalt auf Java einschließlich der Kontaktaufnahme mit den relevanten indonesischen Behörden und Instituten.
2. Ausweisung sog. „kritisch belasteter Gebiete“ auf Java. Die Ausgangsbasis für diesen spezielleren Teil der Studie bildeten die bestehenden und prognostizierten Luftverschmutzungswerte von SO_2 , NO_x und Staub für die Jahre 1991, 2001, 2011 und 2021, die zuvor von der KFA/STE Jülich mit Hilfe eines Computermodells berechnet und auf Rasterkarten mit einer Rastergröße von 5×5 km für Gesamt-Java dargestellt worden waren. Mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems (GIS) wurden die Jülicher Ergebnisse Raster für Raster mit ökosystemspezifischen Schadstoffgrenzwerten verknüpft und somit die Abgrenzung von „kritisch belasteten Gebieten“ von heute bis zum Jahre 2021 erreicht. Folgende Schadstoffgrenzwerte wurden zugrundegelegt:



Abb. 1: Das Kohlekraftwerk von Suralaya am NW-Zipfel Javas: Solange keine Entschwefelungsanlagen eingebaut sind, zählen Kohlekraftwerke zu den Hauptemittenten von SO_2 und wichtigsten Verursachern des „sauren Regens“.

Foto: Scholz

a) Grenzwerte für Ökosysteme mit vorherrschend einjährigen Nutzpflanzen

- NO₂-Konzentration: 30 µg/m³
- SO₂-Konzentration: 20 µg/m³ (für sehr empfindliche Pflanzen)
30 µg/m³ (für mäßig empfindliche Pflanzen)
50 µg/m³ (für weniger empfindliche Pflanzen)
- Staub-Deposition: 12 g/m²/Jahr
- S-Deposition: 10 g/m²/Jahr

b) Grenzwerte für Waldökosysteme und Ökosysteme mit vorherrschend mehrjährigen Nutzpflanzen

- NO₂-Konzentration: 30 µg/m³
- SO₂-Konzentration: 20 µg/m³
- Staub-Deposition: 12 g/m²/Jahr

c) Grenzwerte für aquatische Ökosysteme (nur Süßwasserökosysteme; für die auf Java verbreiteten Brackwasserökosysteme liegen keine Grenzwerte vor)

- NO_x-Deposition: 1,00 g/m²/Jahr
- S-Deposition: 0,08 g/m²/Jahr (für schwach gepufferte Ökosysteme)
0,30 g/m²/Jahr (für mäßig gepufferte Ökosysteme)
1,00 g/m²/Jahr (für gut gepufferte Ökosysteme)

Als Grundlage für die Typisierung und Abgrenzung der untersuchten Ökosysteme diente die offizielle Bodennutzungskarte 1 : 1 000 000 von Java (Abb. 3). Dabei wurde davon ausgegangen, daß sich die räumliche Anordnung der Ökosysteme bis 2021 nicht grundlegend ändert. Aus Mangel an Daten konnten einige wichtige Faktoren nicht in die Computer-Kalkulation zur Ausweisung der „kritisch belasteten Gebiete“ mit einbezogen werden, wie z. B. das besonders aggressive Ozon (O₃), verschiedene Schwermetalle, eine Reihe von natürlichen Schadstoffquellen (z. B. aktive Vulkane), dazu der synergetische Effekt kombiniert auftretender Schadstoffe, ferner periodische bzw. episodische Spitzenbelastungen anstelle der in der Studie verwendeten jährlichen Durchschnittswerte. Gleichwohl ist versucht worden, diese nicht quantifizierten Faktoren nach bestem Wissen in die qualitative Analyse mit aufzunehmen.

Potentielle Risiken für die Böden Javas

Luftschadstoffe können sich in zweifacher Weise negativ auf den Boden auswirken:



Abb. 2: Die Verkehrssituation in Jakarta wird immer bedrohlicher: Motorradfahrer sind von der starken Luftverschmutzung besonders betroffen, tragen aber auch dazu bei. Foto: Scholz

- a) durch Kontamination mit Schwermetallen
- b) durch Bodenversauerung.

Zu a): Schwermetalle (Blei, Cadmium, Zink usw.) aus den Staubemissionen von Kraftwerken, Industrieanlagen und Verkehr können sich im Boden anreichern, von den Pflanzen aufgenommen, bzw. ins Grundwasser ausgewaschen werden und so über die Nahrungskette bzw. das Trinkwasser in den menschlichen Organismus gelangen. Im Falle Java konnte die Kontamination mit Schwermetallen wegen der unzureichenden Datenlage nicht in die Kalkulation für die flächenhafte Darstellung auf Karten mitaufgenommen werden. Gleichwohl ist darauf hinzuweisen, daß über ein Viertel der Insel von Gebieten mit relativ hohem Grundwasserstand eingenommen wird. Diese grundwassernahen Gebiete sind durch eine Kontamination mit Schwermetallen besonders bedroht. Es handelt sich hierbei um die jungen Alluvialebenen, in denen sich die produktivsten Reisangebiete Javas befinden und die die größten Bevölkerungsdichten aufweisen.

Zu b): Die Versauerung der Böden ist eine Folge von SO₂- und NO_x-Depositionen (z. B. durch sauren Regen), die mit zunehmender Dauer die Nährstoffaufnahme durch die Wurzeln einschränkt und somit das Pflanzenwachstum beeinträchtigt. Ausmaß und Wirkung des Versauerungsprozesses hängen freilich sehr stark vom Bodentyp und den entsprechenden bodenchemischen Parametern ab. Besonders wichtig sind die Austauschkapazität und der pH-Wert des Bodens sowie der Gehalt an CaCO₃.

Große Teile Javas bestehen aus vulkanischen Aschen, aus Kalk bzw. aus jungem Aufschütt-

tungsmaterial, das aus Vulkan- oder Kalkgebieten stammt. Die aus diesen Substraten entstandenen Böden reagieren überwiegend basisch und sind gegenüber Versauerung durch SO₂- und NO_x-Depositionen gut gepuffert, also recht gut abgesichert. Tatsächlich ist deshalb auf 44 Prozent der Gesamtfläche Javas das Risiko der Bodenversauerung durch Schadstoffeintrag nur als gering einzustufen; 46 Prozent können als mäßig gefährdet bezeichnet werden, und nur zehn Prozent, vor allem im Bereich Jakarta/Bogor, sind wegen des von Natur aus niedrigen pH-Werts sehr gefährdet. Auch der seit 20 Jahren übliche hohe Eintrag von sauer reagierenden Mineraldüngern, speziell auf Naßreisflächen, beschleunigt ohne Zweifel den Versauerungsprozeß intensiv genutzter Böden.

Zusammengefaßt lassen sich deshalb schon jetzt 14 Prozent der Böden Javas als gefährdet einstufen. Auch auf den heute noch als „mäßig gefährdet“ ausgewiesenen Böden dürfte bei unverminderter SO₂- und NO_x-Deposition die Pufferkapazität kontinuierlich abnehmen, so daß nach 2021 auch Teile dieser Gebiete zu den „kritisch belasteten Gebieten“ zu zählen sein werden.

Potentielle Risiken für Vegetation

Nach dem derzeitigen Kenntnisstand sind in der Regel einjährige Pflanzen wegen ihrer kurzen Vegetationsperiode weniger durch Luftschadstoffe gefährdet als mehrjährige Pflanzen. Rund 50 Prozent der Landfläche Javas werden von einjährigen Kulturpflanzen eingenommen. Dazu zählen die meisten Nahrungs-

pflanzen wie der alles überragende Reis (der hier fast ausschließlich im Bewässerungsfeldbau kultiviert wird), ferner Maniok, Sojabohnen, Erdnüsse und Gemüse sowie einige Handelskulturen wie Tabak und Zuckerrohr.

Auf etwa 40 Prozent Javas dominieren Formationen aus mehrjährigen Pflanzen. Hierzu gehören die wenigen noch verbliebenen Regenwälder, einige Reste von Mangroven, aufgeforstete Areale, darunter die bekannten Teakwälder, Plantagen mit Tee (Abb. 5), Kaffee, Kautschuk und Ölpalmen, ferner kleinbäuerliche Mischpflanzungen mit Kokospalmen, Obstbäumen, Bananen, Gewürznelken, Nutzholz und Futterbäumen sowie schließlich Hausgärten.

Potentielle Risiken durch SO_2

SO_2 gilt als der „klassische“ Luftschadstoff. In Europa sah man in SO_2 bis vor kurzem den Hauptgrund für das bekannte Waldsterben. Allerdings ist es beispielsweise in Deutschland durch die Einführung von Entschwefungsanlagen in den letzten 20 Jahren gelungen, die SO_2 -Emissionen spürbar zu verringern. SO_2 kann, meist in Kombination mit NO_x und Ozon (O_3), den Pflanzenwuchs, speziell den von Bäumen, nachhaltig gefährden. Zu den Hauptemittenten zählen Kohlekraftwerke, Industrie und Verkehr. Hinzu kommen auf Java Vulkane und das Verbrennen von Holz und fossilen Energieträgern.

Im Falle Javas lassen sich deutliche negative ökophysiologische Auswirkungen durch Luftschadstoffe auf das Pflanzenwachstum bisher nur im Ballungsraum Jakarta nachweisen, z. B. durch das völlige Fehlen von Flechten im

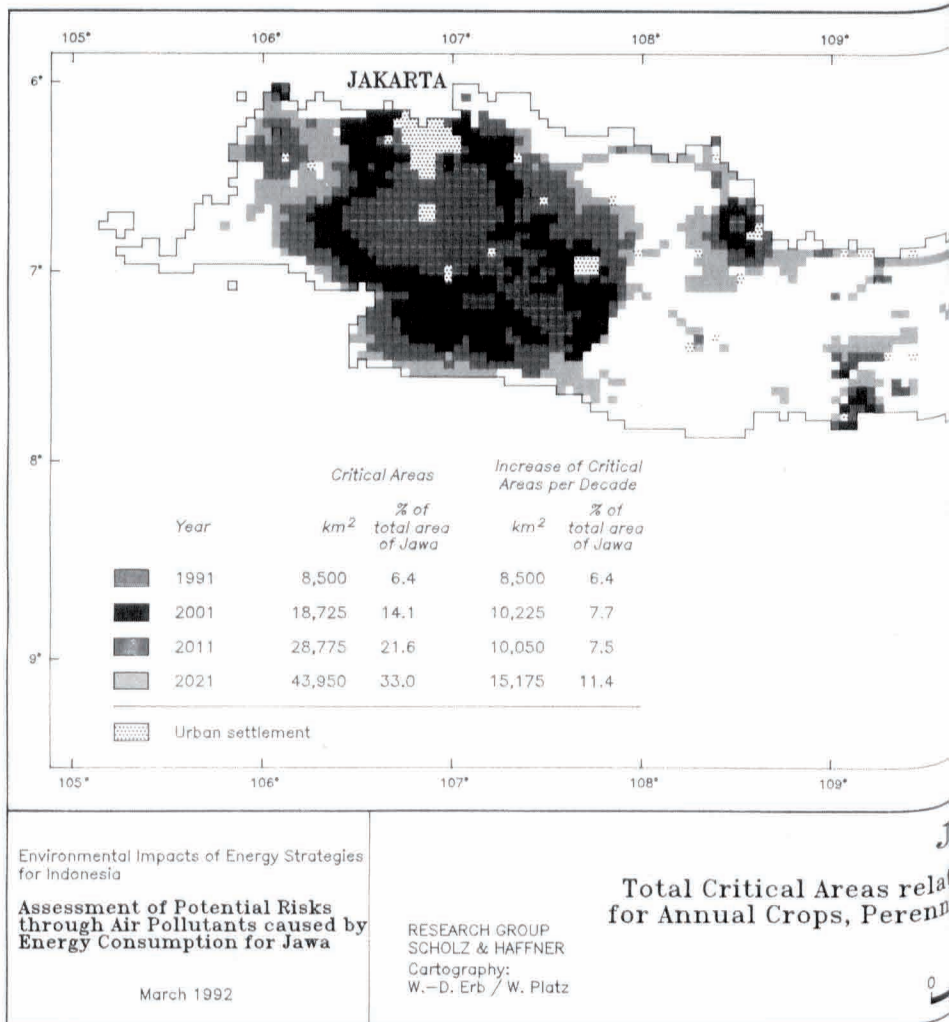


Abb. 3: Die Karte gibt die Summe der durch die Luftschadstoffe SO_2 , NO_x und Staub „kritisch belasteten Gebiete“ auf Java wieder. Sie ist das aggregierte Ergebnis aus über 20 Einzelkarten, die zuvor für jeden einzelnen Schadstoff und für jedes Ökosystem individuell erstellt und anschließend mit Hilfe eines Geographischen Informationssystems miteinander verknüpft worden sind.



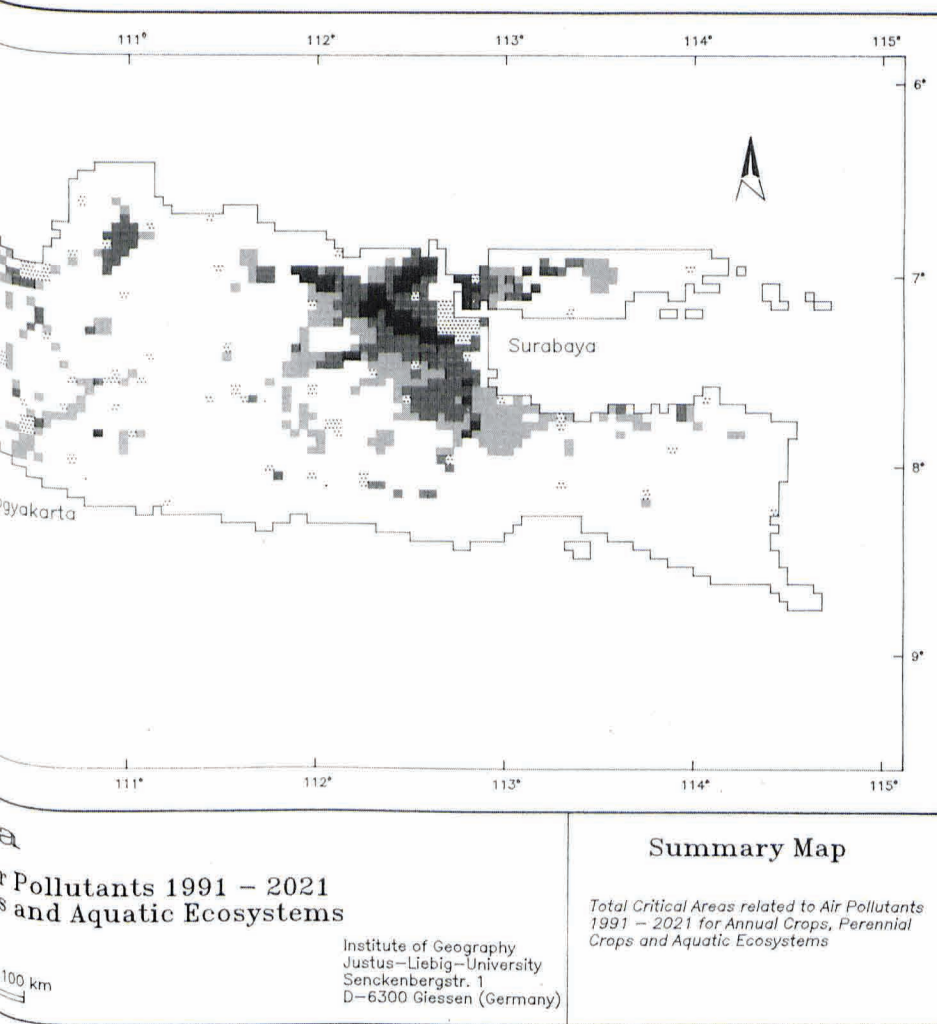
Abb. 4: Smog über der Innenstadt von Jakarta.

Foto: Scholz

Innenstadtbereich. Wenn es jedoch beim „Doing Nothing-Case“ bleibt und es tatsächlich zu dem von der KFA/STE Jülich prognostizierten starken Anstieg in der Konzentration von Luftschadstoffen kommt, dann werden die „kritisch belasteten Gebiete“ rasch anwachsen und im Jahr 2021 etwa 20 Prozent der Fläche Javas erfassen. Regional besonders gefährdet werden die städtischen Agglomerationen und West-Java wegen der dort konzentrierten Industrie, insbesondere der Kohlekraftwerke, sein. Als besonders gefährdet werden auch die montane Bergwaldstufe oberhalb 1000 m, einschließlich der für diese Stufe typischen Teeplantagen und Gemüsekulturen, angesehen; denn erfahrungsgemäß fördern Nebel und Wolkenreichtum die Konzentration von Luftschadstoffen.

Anmerkung zum „sauren Regen“

Der sog. „saure Regen“ gilt in Europa als Hauptverursacher für das Waldsterben. Auf



r Pollutants 1991 - 2021
 s and Aquatic Ecosystems

Summary Map

Total Critical Areas related to Air Pollutants
 1991 - 2021 for Annual Crops, Perennial
 Crops and Aquatic Ecosystems

Institute of Geography
 Justus-Liebig-University
 Senckenbergstr. 1
 D-6300 Giessen (Germany)

Wie die Karte verdeutlicht, werden bis zum Jahr 2021 über 35 Prozent der Fläche Javas „kritisch belastet“ sein, sofern keine emissionsreduzierenden Maßnahmen („Doing Nothing Case“) getroffen werden. Am schwersten wird das Hinterland von Jakarta in West-Java betroffen sein; ein zweites Zentrum bildet sich um Surabaya im Ostteil der Insel aus.

Java reagiert Regenwasser, vor allem wegen der überwiegend alkalischen Staubpartikel in der Luft, im allgemeinen basisch. Selbst bis zum Jahr 2021 dürfte der durchschnittliche pH-Wert des Regenwassers noch über 4.0 und damit deutlich über dem kritischen pH-Grenzwert von 3.5 liegen. Allerdings berücksichtigen die durchschnittlichen Jahreswerte nicht den saisonalen Wechsel von Regen- und Trockenzeiten. In den Regenzeiten ist durch die weitgehende Auswaschung der Luft von säurepuffernden Staubpartikeln mit einer spürbaren Senkung des pH-Wertes von Regenwasser zu rechnen, der dann möglicherweise auf Werte um 3.5 absinken könnte. Wiederum wären die wolkenreichen Hochlandsregionen von West-Java vom „sauren Regen“ am ehesten betroffen.

Am Rande sei vermerkt, daß „saurer Regen“ nicht nur Pflanzen, sondern auch Gebäude aus Stein angreifen kann. Dies könnte sich eines Tages auch auf unersetzliche Kulturdenkmäler, wie z. B. die buddhistischen Tempelanlagen von Borobodur in Zentral-Java, auswirken.

Potentielle Risiken durch NO_x

NO_x , besonders NO_2 , beeinflusst das Pflanzenwachstum ähnlich wie SO_2 . In geringen Dosen können beide durchaus positive Wirkungen als wertvoller Dünger haben. Erst in größeren Mengen wirken sie sich negativ auf das Pflanzenwachstum aus. Allerdings unterscheiden sich die beiden in ihrer Herkunft: Während SO_2 überwiegend aus Kohlekraftwerken (Abb. 1) und Industriebetrieben stammt, wird das meiste NO_x von Verbrennungsmotoren der Autos und Motorräder emittiert.

Gleichfalls ähnlich wie bei SO_2 sind auch die durch NO_x gefährdeten Gebiete Javas derzeit noch auf die städtischen Ballungsgebiete, vor allem Jakarta/Bogor beschränkt. Bis zum Jahr 2021 würden jedoch, den „Doing Nothing Case“ vorausgesetzt, bereits 12 Prozent der Inselfläche als „kritisch belastet“ einzuordnen sein. Diese würden sich wiederum größtenteils in West-Java befinden. Darüber hinaus würden überall auf Java die Korridore entlang der stark befahrenen Überlandstraßen betroffen sein. Die besondere Bedeutung von NO liegt indes in seiner Funktion als wichtigster Baustein für die Bildung von Ozon (O_3). Erst kürzlich hat man in Europa die zerstörende Rolle des Ozon bei der Entstehung der sog. „neuen Waldschäden“ erkannt. Ozon leistet darüber hinaus den wohl wichtigsten Beitrag zur Bildung des sog. „photochemischen Smog“, dessen verheerenden Folgen an den Beispielen von Los Angeles und Mexico-City gut dokumentiert sind. Ähnliche Erscheinungen dürften schon jetzt, mit Sicherheit aber in naher Zukunft, auch für Jakarta (Abb. 4) zu erwarten sein.



Abb. 5: Teeplantagen im Hochland von West-Java sind durch Luftschadstoffe besonders gefährdet.
 Foto: Scholz

Risiken durch Staub

Der Einfluß von Staub auf das Pflanzenwachstum hängt nicht nur von der Menge, sondern mehr noch von der spezifischen chemischen Zusammensetzung der Partikel ab. Eine dünne Staubschicht beeinträchtigt normalerweise das Pflanzenwachstum nicht, zumal sie durch Regenwasser rasch abgewaschen wird. Je nach Zusammensetzung kann Staub sogar die Bodenqualität verbessern oder, wie schon erwähnt, die Entstehung von „saurem Regen“ einschränken. Bei höherer Luftfeuchtigkeit kann Staub jedoch auf Blättern Verkrustungen bilden und dadurch Schäden verursachen. Der eigentliche negative Effekt von Staub hängt indes mit seinem häufig hohen Gehalt an Schwermetallen, vor allem Blei und Cadmium, zusammen. Diese Gifte können zum einen den Pflanzenwuchs direkt beeinträchtigen; sie können aber auch von der Pflanze ohne erkennbare Wirkungen aufgenommen und über die Nahrungskette weitergegeben werden und dann bei Menschen und Tieren zu gesundheitlichen Schäden führen.

Die Hauptemittenten von Staub sind auf Java Industriebetriebe, vor allem Zementfabriken, und Haushalte. Der Verkehrssektor trägt zwar quantitativ nur einen kleinen Teil bei; diesem kommt aber wegen des hohen Bleigehalts eine besondere qualitative Bedeutung zu. Auf Java gibt es noch kein bleifreies Benzin. Andere wichtige Emittenten wie Vulkane (Abb. 6), Winderosion, Waldbrände sowie Stroh- und Müllverbrennungen konnten in der Studie nicht berücksichtigt werden. Nach dem Verbreitungsmodell der KFA/STE Jülich waren im Jahr 1991 schon 6 Prozent der Fläche Javas

als kritisch belastet anzusehen. Damit steht Staub zumindest flächenmäßig als derzeit wichtigster Luftverschmutzer fest. Die kritisch belastete Fläche würde, bei Fortschreibung des „Doing Nothing Case“, bis zum Jahr 2021 auf knapp 30 Prozent anwachsen. Davon befände sich der größte Teil – wie zu erwarten – in West-Java; ein zweites Zentrum würde im Umland von Surabaya in Ost-Java entstehen.

Potentielle Risiken für die aquatischen Ökosysteme

Aquatische Ökosysteme umfassen auf Java neben Süßwasserökosystemen wie Flüsse, Seen und Kanäle auch die für die Nahrungsvorsorgung der Bevölkerung wichtigen Brackwasser-Fischeiteiche entlang der Nordküste. Für die vorliegende Studie konnten nur die Süßwasserökosysteme berücksichtigt werden, da für die Brackwasserökosysteme keine Grenzwerte für die Belastung durch Luftschadstoffe vorliegen. Süßwasserökosysteme gelten im Vergleich zu den terrestrischen Ökosystemen gegenüber Verschmutzungen aller Art als besonders empfindlich. Die meisten Gewässer Javas sind schon heute stark verschmutzt, allerdings kaum durch Luftschadstoffe, sondern vielmehr durch:

- a) mit Schwermetallen beladene industrielle Abwässer
- b) mit Fäkalien beladene Haushaltsabwässer.

Meßwerte aus der Literatur und verschiedene Reports sowie einige von Teammitgliedern während des Feldaufenthalts auf Java erhobene Stichproben ergaben, daß sowohl die internationalen Grenzwerte als auch die Richtlini-

en der indonesischen Trinkwasserverordnung fast überall beträchtlich überschritten werden. Die meisten Flüsse, Seen und Dorfteiche können wegen ihrer starken Verschmutzung mit Fäkalien nicht mehr zur Trinkwasserversorgung herangezogen werden. Wie bei Böden und Pflanzen stellt auch bei den Gewässern einschließlich der Sedimente die Kontamination mit Schwermetallen ein ökologisch besonders gravierendes Problem dar; denn nicht nur über das Trinkwasser, sondern auch über Fische und Schalentiere, d. h. über die Nahrungskette, werden wiederum Schwermetalle im menschlichen Organismus akkumuliert.

Angesichts der enormen Verschmutzung aus den Abwässern von Industrie und Haushalten ist der Beitrag der Luftverschmutzung an der gesamten Wasserverschmutzung auf Java heute noch als gering einzustufen. Bis zum Jahr 2021 würden aber auch hier, bei Fortbestand des „Doing Nothing Case“, die kritischen Belastungswerte überschritten. Die bereits jetzt schon schlimme Situation würde noch weiter verschlechtert. Die Folgen wären zumindest eine Verminderung der Artenvielfalt, eine Veränderung der Artenzusammensetzung und eine zusätzliche Anreicherung durch Schwermetalle. Darüber hinaus würde vermutlich bei den Flüssen die Fähigkeit der biologischen Selbstreinigung vermindert, da zumindest ein Teil der Organismen, die diese Funktion wahrnehmen, die zunehmende Verschmutzung nicht überleben würde. Für die indonesische Regierung muß im Augenblick die Installation von Kläranlagen zur Reinigung der Abwässer absolute Priorität einnehmen. Als zweiter Schritt sollten später Maßnahmen zur Verminderung der Luftschadstoffe ergriffen werden.

Schlußfolgerungen und Empfehlungen

Faßt man die Ergebnisse der Studie zusammen, ergibt sich folgendes Bild:

a) für 1991:

Rund 8 Prozent der Fläche Javas befinden sich in einem kritischen Status. Betroffen ist in erster Linie West-Java, ein zweites kritisch belastetes Zentrum entwickelt sich im Raum Surabaya in Ost-Java. Die größte Gefährdung geht vom Staub – vor allem durch seinen Gehalt an Schwermetallen – aus, gefolgt von NO_x , insbesondere wegen der Bildung von Ozon (O_3). SO_2 stellt gegenwärtig noch keine schwerwiegende Bedrohung dar.

b) für 2021:

Unter Beibehaltung des „Doing Nothing Case“ sind die „kritisch belasteten Gebiete“ auf über 35 Prozent der Gesamtfläche Javas angewachsen. Allein von West-Java sind über 75 Prozent betroffen. Der Großraum Surabaya ist ebenfalls gefährdet. Weitere kritisch belastete Gebiete erstrecken sich entlang der Nordküste und entlang der Hauptverkehrsadern sowie um Cilacap an der Südküste. Da weitere



Abb. 6: Auf Java gibt es rund 30 Vulkane, die z. T. einen beträchtlichen Beitrag zur Luftverschmutzung leisten. Hier der höchste, der fast 3 700 m hohe Semeru. Foto: Scholz

wichtige Schadstoffquellen ebenso wenig berücksichtigt werden konnten, wie periodische oder episodische Spitzenbelastungen, ist damit zu rechnen, daß die kritischen Gebiete noch größere Ausdehnungen erreichen, als in dieser Studie prognostiziert.

Für alle politisch Verantwortlichen kann es nur oberstes Ziel sein, Java die schlimmen Erfahrungen zu ersparen, die die industrialisierten Staaten West-Europas, Noramerikas und vor allem Ost-Europas machen mußten. Um

dieses Ziel zu realisieren, wird folgender Zeitplan zur Reduktion von Luftschadstoffen empfohlen:

a) Staub:

Maßnahmen zur Verringerung der Staubemissionen sollten ab sofort für ganz Java ergriffen werden. Die Einführung von bleifreiem Benzin und der Katalysatortechnik sowie die Implementierung von Staubfiltern in Zementfabriken erscheinen als die vordringlichsten Aufgaben.

b) NO_x :

In städtischen Ballungsräumen mit hohem Verkehrsaufkommen sollten ab sofort Maßnahmen ergriffen werden. Die anderen Gebiete Javas müßten zwischen 1995 und 2000 folgen.

c) SO_2 :

Hier besteht noch kein unmittelbarer Handlungsbedarf. Gleichwohl sollte spätestens zwischen 2000 und 2005 mit Präventivmaßnahmen begonnen werden.

Zu den Autoren:



Prof. Dr. Ulrich Scholz, Jahrgang 1941, studierte Geographie in Freiburg und Münster. Promotion (1977) und Habilitation (1986) mit agrargeographischen Arbeiten über die feuchten Tropen. Von 1975 bis 1980 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut der Universität Gießen. Von 1969 bis 1975 und von 1980 bis 1989 als Regionalplaner und Regierungsberater im Rahmen verschiedener Entwicklungshilfeprojekte in Asien, Lateinamerika und Afrika. Seit 1989 Professor für Kulturgeographie und Mitglied des Wissenschaftlichen Zentrums Tropeninstitut an der Universität Gießen. Seine derzeitigen Lehr- und Forschungsschwerpunkte: Agrargeographie der Tropen, Regionale Geographie von Südostasien und Ostafrika. Als Teamleiter der vorliegenden Studie zuständig für die Bereiche „Projektmanagement“ und „Koordination der Berichtsabfassung“.

Prof. Dr. Willibald Haffner, Jahrgang 1935, studierte Geographie, Biologie und Chemie in Stuttgart und Bonn. Promotion 1963 mit einem pflanzengeographischen Thema. 1971 Habilitation an der TH Aachen. Seit 1972 Professor für Physische Geographie an der TH Aachen, seit 1975 am Geographischen Institut und Tropenzentrum der Universität Gießen Professor für Physische Geographie und Landschaftsökologie der Tropen. Seit 1963 Feldforschungen in Indien, Nepal, Jemen und Ostafrika. Derzeitige Forschungsschwerpunkte: Hochgebirgsgeographie, Landschaftsökologie der Tropen, Geographische Umweltforschung, Regionale

Geographie von Südasien. In der vorliegenden Studie zuständig für den Bereich „Waldökosysteme und Ökosysteme mit vorherrschend mehrjährigen Nutzpflanzen“.

Dipl.-Geogr. Thomas Christiansen, Jahrgang 1956, studierte von 1975 bis 1982 an der Universität Gießen. 1983 einjährige Zusatzausbildung in „Fernerkundung“ am International Institute for Aerospace Survey and Earth Sciences (ITC) in Enschede/Niederlande. 1984 bis 1990 Mitarbeiter der Consulting-Firma Agrar- und Hydrotechnik in Essen. Während dieser Zeit zahlreiche Einsätze als Kurz- und Langzeitexperte in verschiedenen Entwicklungshilfeprojekten in Ostafrika, Südasien und dem mittleren Osten. Seit Oktober 1990 Wissenschaftlicher Mitarbeiter am Geographischen Institut der Universität Gießen. Derzeitiger Forschungsschwerpunkt: Einsatz Geographischer Informationssysteme für Regionalplanungsprojekte in Entwicklungsländern. Im Rahmen der vorliegenden Studie zuständig für den Bereich „Auswirkungen der Luftschadstoffe auf die Böden“.

Prof. Dr. Nicolae Atanasiu, Jahrgang 1915, studierte Landwirtschaft an den Universitäten Bukarest, Halle und Berlin. Promotion (1948) über den Wasserverbrauch von Kulturpflanzen und Habilitation (1953) für das Fach Pflanzenernährung. Seit 1961 Leiter der Abteilung Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung in den Tropen und Subtropen am Tropeninstitut der Universität Gießen. Zwischenzeitlich Gastprofessuren in Kairo, Izmir und Malaysia sowie Beteiligung an For-

schungsprojekten in Asien, Afrika und Lateinamerika. Seit 1980 im Ruhestand. Forschungsschwerpunkte: Wachstums- und Ertragsgesetze landwirtschaftlicher Nutzpflanzen (insbesondere von Reis) sowie die Nährstoffversorgung tropischer Böden. Im Rahmen der vorliegenden Studie zuständig für den Bereich „Ökosysteme mit vorherrschend einjährigen Nutzpflanzen“.

Prof. Dr. Christian Kunze, Professor am Institut für Pflanzenökologie der Universität Gießen. Jahrgang 1940, studierte in Berlin und Gießen Biologie, Promotion: 1968, Habilitation: 1976. Von 1982 bis 1985 Lehrstuhlvertretung (Biogeographie) an der Universität des Saarlandes in Saarbrücken. Seine Arbeitsgebiete sind Bodenökologie sowie die Analyse und Bewertung aquatischer und terrestrischer Ökosysteme. Im Rahmen der vorliegenden Studie zuständig für den Bereich „Aquatische Ökosysteme“.

Dr. Wolf-Dieter Erb, Jahrgang 1953, studierte Geographie, Volkswirtschaft, Soziologie, Regionalwissenschaft und Statistik an den Universitäten Freiburg und Gießen. Von 1984 bis 1989 war er Wissenschaftlicher Mitarbeiter an der Professur für Wirtschaftsgeographie (Prof. Dr. Giese) in Gießen. Seit 1989 ist er Wissenschaftlicher Angestellter am Geographischen Institut der Justus-Liebig-Universität Gießen. Seine Spezialgebiete sind Computerkartographie und Geographische Informationssysteme. Im Rahmen der vorliegenden Studie zuständig für den Bereich „Geographische Informationssysteme und Datenverwaltung“.