

## Versuche zur Reduzierung kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel im ökologischen Hopfenbau

Florian Weihrauch und Johannes Schwarz

Bayerische Landesanstalt für Landwirtschaft, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung, Hopfenforschungszentrum, Hüll 5 1/3, 85283 Wolnzach  
 Florian.Weihrauch@LfL.bayern.de, Johannes.Schwarz@LfL.bayern.de

### Zusammenfassung

In den Jahren 2010 und 2011 wurden im Rahmen eines noch laufenden Forschungsprojektes Versuche zur Reduzierung der Kupferaufwandmenge bei der Bekämpfung des Falschen Mehltaus im ökologischen Hopfenbau gesucht. Getestet wurden Kupferhydroxide und Kupferoxychlorid mit niedrigen Aufwandmengen (2 und 3 kg/ha) an Reinkupfer sowie in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln 'Herbagreen', 'Biplantol' und dem phosphonathaltigen 'Frutogard'. Die ersten Ergebnisse zeigen, dass mit modernen Kupferhydroxiden eine erfolgreiche Bekämpfung des Falschen Mehltaus auch mit einem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha Kupfer möglich sein kann. In Kombination mit den geprüften Pflanzenstärkungsmitteln wurde sogar durchwegs eine Wirkungsverbesserung erzielt. Die besten Ergebnisse wurden mit Mischungen erzielt, die Frutogard enthielten; dieses Produkt wird allerdings wegen seines Phosphonatanteiles vom Öko-Hopfenbau abgelehnt. Weitere Versuche zu dieser Fragestellung werden auch 2012 durchgeführt.

### Einleitung

Die Bekämpfung des Falschen Mehltaus *Pseudoperonospora humuli*, der in der Hopfenbau-Praxis normalerweise als 'Peronospora' bezeichnet wird, zählt in allen Hopfengärten alljährlich generell zu den wichtigsten Pflanzenschutzmaßnahmen. Dies gilt sowohl für konventionelle Betriebe als auch für Betriebe, die nach ökologischen Richtlinien produzieren. Dabei ist im ökologischen Hopfenbau – genauso wie in allen anderen ökologisch bewirtschafteten Kulturen, die regelmäßig von Falschem Mehltau oder ähnlichen Pilzkrankheiten befallen werden – der Einsatz von kupferhaltigen Präparaten derzeit alternativlos, da eine wirksame Kontrolle dieser Krankheiten mit anderen, nach Öko-Richtlinien derzeit zur Verfügung stehenden Mitteln nicht möglich ist.

Da Kupfer als Schwermetall ökotoxikologisch jedoch höchst kritisch beurteilt wird (Jänsch & Römbke 2009), besteht u.a. seitens des Umweltbundesamtes die Forderung, auf Kupferpräparate im Pflanzenschutz ganz zu verzichten bzw. deren Einsatz auf ein Minimum einzuschränken. In einem früheren Forschungsprojekt wurden in diesem Kontext bereits in der sehr anfälligen Sorte 'Hallertauer Mittelfrüher' Kupferhydroxidformulierungen und Pflanzenstärkungsmittel zur Bekämpfung der Peronospora getestet (Engelhard et al. 2007). Der Bekämpfungserfolg mit Neuformulierungen von Kupferprodukten war gut, eine weitere Reduzierung wurde aber nicht mehr geprüft. Bei Pflanzenstärkungsmitteln hingegen war die Wirkung völlig unzureichend. Lediglich das phosphonathaltige 'Frutogard' zeigte eine sehr gute Wirkung gegen die Peronospora, wird aber von den Öko-Hopfenbauern mehrheitlich grundsätzlich abgelehnt.

In dem von den Öko-Verbänden formulierten 'Strategiepapier zu Kupfer als Pflanzenschutzmittel unter besonderer Berücksichtigung des Ökologischen

Landbaus wurde schließlich die weitere Vorgehensweise zur schrittweisen Lösung des Kupfer-Dilemmas im Ökolandbau skizziert. Dabei wurde folgendes 'kurzfristiges Ziel' formuliert: »Innerhalb der nächsten fünf Jahre soll die zulässige Aufwandmenge von derzeit 3 [Hopfen: 4] kg/ha im Durchschnitt über alle Kulturen auf 2,5 [Hopfen: 3] kg/ha reduziert werden«. Daher wurde im Rahmen des 'Bundesprogrammes Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft' (BÖLN) in verschiedenen Kulturen eine Initiative zum Ersatz bzw. der Reduktion kupferhaltiger Pflanzenschutzmittel gestartet, in der auch das vorliegende Projekt (Laufzeit 2010-2012) angesiedelt ist. Es soll dazu dienen, Strategien zu entwickeln, die den Einsatz von Kupfer zu Zwecken des Pflanzenschutzes im Ökologischen Hopfenbau mit Hilfe von von 'modernen' Kupferhydroxiden und Pflanzenstärkungsmitteln als Synergisten soweit wie möglich zu minimieren. Hier werden Ergebnisse der ersten beiden Versuchsjahre präsentiert.

## Material und Methoden

Die Prüfungen werden auf einem Naturland-Betrieb in Haushausen bei Wolnzach durchgeführt. Der Versuchsgarten (ca. 1,5 ha, Sorte Perle) wird im Norden und im Süden von Hopfengärten eingegrenzt, die nach konventionellen Vorgaben bewirtschaftet werden. Einen gewissen Schutz gegen Abtrift aus den konventionellen Flächen bieten Pappelreihen, die vor einigen Jahren zwischen den Gärten angelegt worden sind.

Der Schwerpunkt wurde auf die Prüfung von Neuformulierungen kupferhaltiger Produkte und die Reduzierung der Aufwandmengen durch Zusatz von Pflanzenstärkungsmitteln gelegt. Letztere gleichen sich häufig in der Zusammensetzung und der beworbenen Wirkungsweise. Aus der Vielzahl der Angebote wurden drei Produkte ausgewählt, die sich hinsichtlich ihrer biologisch wirksamen Inhaltsstoffe unterscheiden:

(1) 'Herbagreen' (Mikro-Mineral GmbH, Rechnitz, Österreich); Feinst vermahlene, elektrostatisch aufgeladene Kalzit mit zusätzlichen Spurenelementen. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 27,25 kg/ha in fünf Applikationen.

(2) 'Biplantol H forte NT' (Bioplant Naturverfahren GmbH, Konstanz); Homöopathischer Wirkstoffkomplex mit Mineralien, Spurenelementen und Bodenmikroorganismen. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in fünf Applikationen.

(3) 'Frutogard' (Vertrieb Fa. Spiess-Urania, Hamburg); Kaliumphosphonathaltiger Braunalgenextrakt mit pflanzlichen Aminosäuren, Spurenelementen etc. Jährliche gesamte Produktaufwandmenge 10,0 l/ha in drei Applikationen bis zur Blüte.

In dem Versuchsgarten wurden insgesamt 26 Parzellen angelegt, die als 13 unterschiedliche Versuchsglieder geplant waren. Jedes Versuchsglied hatte eine Gesamtgröße von ca. 0,1 ha (912 bis 1.046 m<sup>2</sup>). Da kein Hersteller und Anbieter von natürlichen Pflanzenstärkungsmitteln ausschließlich mit seinem Produkt Aussicht auf eine wirksame Bekämpfung der Peronospora im Hopfen bestätigen konnte, wurde in der Planung außer der unbehandelten Kontrolle auf völlig kupferfreie Varianten verzichtet. Im ersten Versuchsjahr 2010 wurden die Versuche mit den Kupferhydroxiden 'SPU-02700-F' (SC-Formulierung) und 'SPU-02720-F' (WP-Formulierung) der Firma Spiess-Urania durchgeführt. Die Hydroxide wurden in Aufwandmengen von 2,0 und 3,0 kg/ha Reinkupfer solo bzw. diese Aufwandmengen jeweils in Kombination mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln ausgebracht. Als Vergleich wurde die bisherige Standardanwendung mit 4,0 kg/ha Kupfer mit dem

Produkt Funguran (Kupferoxychlorid) gewählt. Zu jeder Anwendung wurde eine betriebsübliche Biomischung gegeben, die u.a. Diabas Lavamehl, Braunalgenextrakt und Netzschwefel enthielt.

Nach dem Ausstecken der Parzellen im Frühjahr 2011 sollten die Versuchsglieder wieder genauso wie im Vorjahr angelegt werden. Die beiden 2010 eingesetzten SPU-Kupferhydroxide waren dabei mittlerweile schon zum Einsatz gegen Falschen Mehltau im Hopfen offiziell zugelassen ('SPU-02700-F' unter dem Markennamen 'Cuprozin progress', Zulassung Februar 2011) oder standen kurz davor ('SPU-02720-F' unter dem Markennamen 'Funguran progress', Zulassung Mai 2011). Kurz vor Beginn der ersten Behandlungen kam es allerdings zu einer unerwarteten Komplikation: Bei der jährlichen Betriebsinspektion des Versuchslandwirts im Mai 2011 durch die Firma, die für das US Department of Agriculture (USDA) die Einhaltung der Richtlinien des 'National Organic Program' (NOP) überprüft – oder, einfach gesagt, während der Kontrolle der Einhaltung der US-Vorgaben für den Ökolandbau – kam ans Tageslicht, dass zwei Formulierungs-Hilfsstoffe von 'Funguran progress' und 'Cuprozin progress' nicht konform mit den US-Ökorichtlinien sind. Der Einsatz der beiden Hydroxide würde demnach bedeuten, dass der Betrieb seine NOP-Zulassung verlieren würde und zu deren Wiedererlangung wieder eine dreijährige Umstellungsphase nötig wäre. Ein sofort durch die Projektleitung beim NOP eingereichter Antrag auf eine zeitlich befristete Ausnahmegenehmigung für den Einsatz der beiden SPU-Hydroxide wurde vom NOP abgelehnt.

Aus diesem Grund und einem enormen zeitlichen Druck, mit den Behandlungen im Versuchsgarten endlich zu beginnen, wurde daraufhin der gesamte, auf Kupferhydroxide ausgelegte Versuchsplan geändert und anstatt der beiden kritischen Formulierungen 'Cuprozin progress' und 'Funguran progress' das zugelassene, NOP-unproblematische Kupferoxychlorid verwendet. Funguran war ja als Standardanwendung mit 4 kg/ha Kupfer ohnehin im Versuchsplan inbegriffen, nun wurden alle anderen Kupfer-Behandlungen mit den geplanten Aufwandmengen von 2 oder 3 kg/ha Kupfer mit demselben Pflanzenschutzmittel durchgeführt. Die Ergebnisse des Jahres 2011 beziehen sich also alle auf Kupferoxychlorid in verschiedenen Aufwandmengen und in Kombination mit Pflanzenstärkungsmitteln. Es ist zu beachten, dass die Ergebnisse mit Kupferhydroxiden bei der jeweils identischen Menge an Reinkupfer einen deutlich besseren Bekämpfungserfolg ergeben würden.

Um erstmalig überhaupt Daten über den Peronospora-Befallsdruck in einem Öko-Hopfengarten zu erhalten, wurde im Zentrum des Versuchsgartens eine Burkard-Sporenfalle mit Solarmodul zur Energieversorgung aufgebaut. Die werktägliche Entnahme der Zoosporangien-Muster aus der Falle und die Auswertung der Daten (Abb. 1) erfolgte von Anfang Juni bis zur Ernte.

## **Ergebnisse**

Das Ergebnis der werktäglichen Zoosporangien-Auszählung ergab, dass der Infektionsdruck in diesem Öko-Hopfengarten wesentlich höher als in konventionellen Anlagen war. Die Zoosporangienzahlen 2010 zeigten dabei die gleichen Spitzen wie die Zahlen, die für die Peronospora-Prognose ermittelt wurden, nur auf wesentlich höherem Niveau (Abb. 1). Eine derartige Übereinstimmung war im Kurvenverlauf des Jahres 2011 nur noch in geringem Maße erkennbar. Insbesondere das ab Anfang August dauerhaft in extremen Höhen liegende Niveau (Viertagessumme kontinuierlich über 150, z.T. bis zu 450) belegt einen außergewöhnlichen Befallsdruck in diesem Öko-Versuchsgarten.

Bei den Bonituren im Hopfengarten wurde die Wirksamkeit der einzelnen Bekämpfungsmaßnahmen eigentlich erst ab Beginn der Ausdoldung gegen Ende Juli sichtbar, mit der Befallshäufigkeit der Dolden in den Einzelparzellen als Maßstab. Bis zur Ernte entwickelte sich in der unbehandelten Kontrolle in beiden Jahren fast Totalschaden (2010: 86,1 %; 2011: 97,2 % Doldenbefall). Dem entgegen wurde in allen Kupfervarianten beider Jahre ein signifikanter Bekämpfungserfolg registriert, wobei die 3 kg/ha-Varianten in fast allen Fällen wesentlich besser abschnitten als jene mit 2 kg/ha Kupferaufwand. Die im Jahr 2010 eingesetzten Kupferhydroxide schienen dabei wesentlich potenter zu sein als die reinen Kupferoxychlorid-Behandlungen des Jahres 2011 bei identischem Reinkupferaufwand. Die Kombinationen mit den drei Pflanzenstärkungsmitteln ergaben durchwegs Wirkungsverbesserungen, wobei der Doldenbefall in den Varianten mit 'Frutogard' sogar jedes Mal am niedrigsten war und auch mit 2 kg/ha noch unter der Kupferoxychlorid-Variante mit 4 kg/ha lag, die im Öko-Hopfenbau jahrelang die Standardbekämpfung der Peronospora darstellte (Abb. 2, 3).

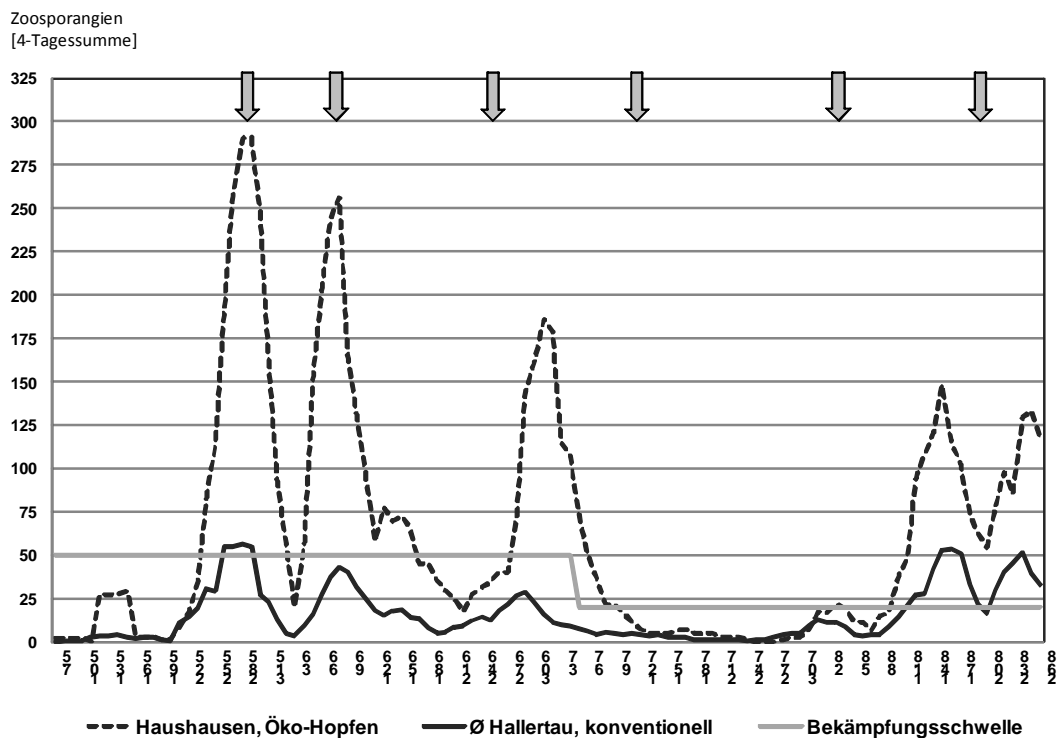


Abb. 1: Vergleich des Peronospora-Befallsdruckes im Jahr 2010 anhand der Zoosporangien-Zahlen der Station Haushausen mit dem Durchschnitt der Warndienststationen in der Hallertau. Die Pfeile zeigen die Applikationstermine der jeweiligen Peronospora-Behandlungen.

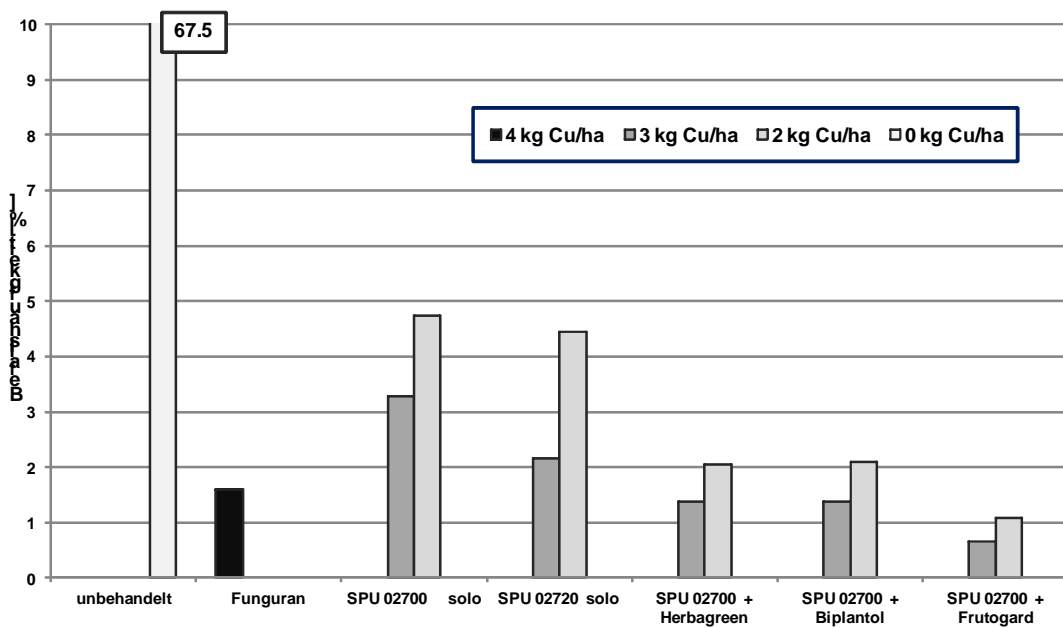


Abb. 2: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen am 18.08.2010.

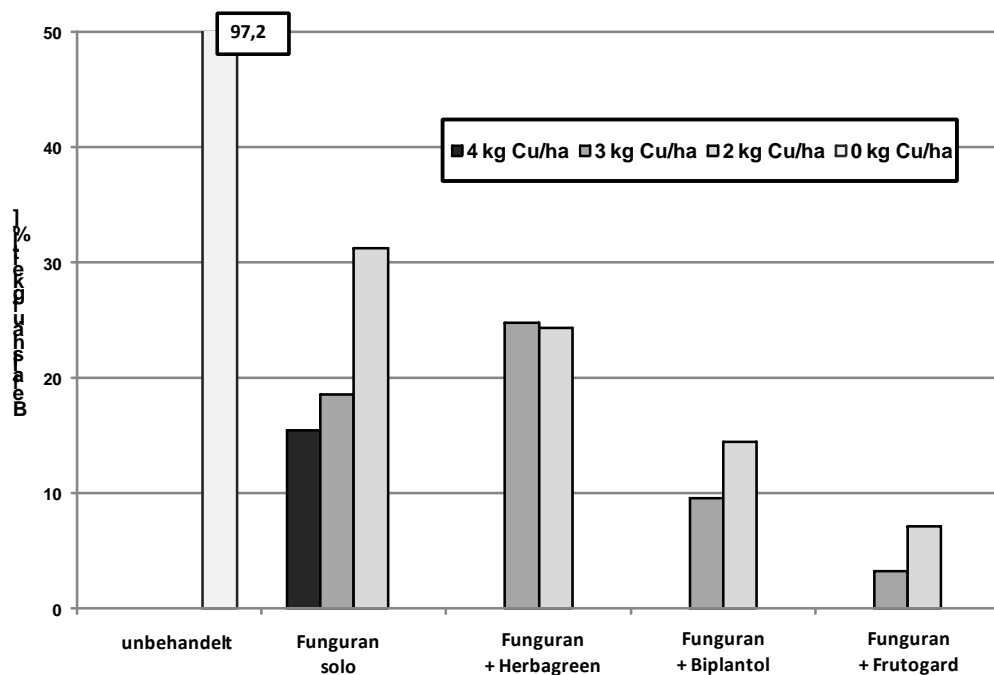


Abb. 3: Peronospora-Doldenbefall im Versuchsgarten Haushausen zum Zeitpunkt der Ernte am 29.08.2011 anhand der Bonitur der getrockneten Dolden im September.

### Rückstandsuntersuchungen

Während der Ernten 2010 und 2011 wurde aus den geernteten Dolden der Varianten 1 (unbehandelt) und 12 (Frutogard + 3 kg/ha Funguran) Mischproben entnommen und vakuumiert bei 2°C gelagert. Einige Tage bzw. Wochen nach den Ernten wurden in den Parzellen der Varianten 1, 9 (Frutogard + 2 kg/ha Funguran) und 12 je eine Wurzel-Mischprobe (jeweils mehr als 500 g; dickere, ältere Wurzelbereiche, keine 'Sommerwurzeln') von jeweils vier Hopfenstöcken ausgegraben. Das gesamte

Material wurde anschließend zur Analyse auf Phosphonate an das Amt für Agrikulturchemie des Land- und Forstwirtschaftlichen Versuchszentrums Laimburg (Pfatten, Auer/Ora, Südtirol, Italien) verschickt. Die Analysen ergaben, dass bislang jede untersuchte Dolden- oder Wurzelprobe einen  $\text{HPO}_3$ -Wert unterhalb der Nachweisgrenze von 0,5 mg/kg TM aufwies. Dies gilt auch für Pflanzen, die während zwei Vegetationsperioden mit Frutogard behandelt worden sind. Offenbar kommt es durch den Einsatz zu keiner nennenswerten Anreicherung von Phosphonat in den Wurzeln.

### **Schlussfolgerung und Ausblick**

Leider litt das zweite Projektjahr sehr unter dem Problem, dass die beiden geplanten Kupferhydroxide nicht eingesetzt werden konnten. Im dritten Versuchsjahr werden voraussichtlich wieder aussagekräftigere Varianten geprüft werden können als 2011, und auch eine mögliche Verlängerung des Projektes um ein weiteres Jahr wird derzeit überprüft. Doch immerhin lassen die ersten beiden Jahre schon einige wichtige Trends für die zukünftige Vorgehensweise hin zu einer Reduktion der eingesetzten Kupfermenge erkennen: So ist zwar jedes Kilogramm Kupfer mehr im Bekämpfungserfolg der Peronospora erkennbar, doch scheint mit 'modernen' Kupferhydroxiden eine ausreichende Kontrolle des Pilzes auch mit dem reduzierten Aufwand von 3 kg/ha möglich, so dass dieses kurzfristige Ziel des 'Strategiepapiers Kupfer' wohl erreicht wird. Dies gilt insbesondere in Kombination mit den getesteten Pflanzenstärkungsmitteln, die die Kupferwirkung eindeutig verstärken. Die potenteste Mischung ist dabei ohne Zweifel jene mit 'Frutogard', doch der Disput zum Einsatz von phosphonathaltigen Mitteln im Ökolandbau kann und soll an dieser Stelle nicht weitergeführt werden. Solange dieser Wirkstoff im ökologischen Hopfenbau mehrheitlich abgelehnt wird, steht sein Einsatz in der Praxis nicht zur Diskussion.

### **Förderhinweis**

Dieses Forschungsvorhaben wird vom Bundesprogramm Ökologischer Landbau und andere Formen nachhaltiger Landwirtschaft (BÖLN) gefördert (Förderkennzeichen: 2809OE058).

### **Literatur**

Engelhard B, Bogenrieder A, Eckert M, Weihrauch F (2007): Entwicklung von Pflanzenschutzstrategien im ökologischen Hopfenbau. - LfL-Schriftenreihe 9/2007: 1-49

Jänsch S, Römbke J (2009): Einsatz von Kupfer als Pflanzenschutzmittel-Wirkstoff: Ökologische Auswirkungen der Akkumulation von Kupfer im Boden. - Umweltbundesamt (Dessau), Texte 10/2009: 1-70