

Produktionsrückstände im Stoffkreislauf am Beispiel der Bio- und Gentechnik

Bayerisches Institut für Angewandte
Umweltforschung und -technik – BifA GmbH
Dipl. Ing. H. Krist, Dr. K. Hoppenheidt,
Prof. Dr. W. Mücke



Institut für Toxikologie
und Umwelthygiene der TU München
Prof. Dr. W. Mücke, Dr. med. M. Horndasch,
Dr. W. Huber, Dipl. Ing. (FH) M. Stöberl, Dr. T. Meindl,
M. Hunstein, M. Papadimitriou



Prof. Dr. W. Mücke (Hrsg.)



Herbert Utz Verlag

Herausgeber: Univ.-Prof. Dr. rer. nat. Dr. med. habil. Wolfgang Mücke
Institut für Toxikologie und Umwelthygiene
Technische Universität München
Biedersteiner Str. 29
D-80802 München

This work is subject to copyright. All rights are reserved, whether the whole or part of the material is concerned, specifically those of translation, reprinting, reuse of illustration, broadcasting, reproduction by photocopying machine or similar means, and storage in data banks. Under §54 of the German Copyright Law where copies are made for other than private use, a fee as payable to the publisher, the amount of the fee to be determined by agreement with the publisher.

The use of registered names, trademarks, etc. in this publication does not imply, even in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protective laws and regulations and therefore free general use.

We also undertake no guarantee that the contents of this book are free from rights of patent. The publication guarantees neither tacit nor explicit licence for existing patents.

Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek:

Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH 2006

ISBN 3-8316-0594-7

Printed in Germany

Herbert Utz Verlag GmbH, München

089-277791-00 · www.utzverlag.de

VORWORT

Produktionsrückstände in den Stoffkreislauf zurückzuführen, ist aus ökologischen und ökonomischen Gründen gleichermaßen sinnvoll. Im Rahmen eines vom Bayerischen Staatsministerium für Wirtschaft, Infrastruktur, Verkehr und Technologie unterstützten Vorhabens wurden am Beispiel der Bio- und Gentechnik Standarduntersuchungsverfahren etabliert, mit denen die Umwelt- und Gesundheitsverträglichkeit von Rückständen innovativer Produktionsprozesse für wichtige Wirkungsendpunkte geprüft werden kann.

Zugrunde lag das Wissen, dass biomassehaltige Produktionsrückstände aus der Biotechnologie pflanzenphysiologisch wertvolle Rückstände enthalten, die unter ökologischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten eine Aufbringung auf landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Flächen oder auch im Landschaftsbau sinnvoll erscheinen lassen. Sichergestellt werden muss selbstverständlich, dass dabei keine direkte und indirekte Gefährdung von Mensch, Tier und Pflanze erfolgt. Dies gilt auch dann, wenn die Rückstände einer biologischen Behandlung durch Kompostierung oder Vergärung unterzogen worden sind.

Es stellte sich sehr schnell heraus, dass bisherige Prüfanforderungen lückenhaft, z.T. wenig substantiiert und durch chemische Analytik angesichts einer großen Zahl potentieller toxischer und ökotoxischer Inhaltsstoffe nicht ansatzweise abgedeckt sind. Die Wettbewerbsfähigkeit auf dem Sektor Biotechnologie wird von den Entsorgungskosten für oft großvolumige Produktionsrückstände unmittelbar beeinflusst, so dass der Wirtschaft im Sinne der Eigenverantwortung ein valides Prüfsystem an die Hand gegeben werden soll. Es ist auf andere Produktionsbereiche übertragbar.

Dipl.-Ing. (FH) H. Krist
Dr. K. Hoppenheidt
Prof. Dr. W Mücke

INHALT

1	Zusammenfassung	9
2	Ausgangssituation	13
2.1	Entwicklung der Biotechnologie	13
2.2	Kreislaufwirtschaft von Biomassen und Verwertung von biogenen Abfällen	16
2.3	Aufgabenstellung und Lösungsansatz	17
3	Methodenauswahl und Methodenentwicklung	21
3.1	Kriterien zur Auswahl der biologischen Testverfahren	21
3.2	Beschreibung der Probenmaterialien, -aufbereitung und chemischen Begleitanalytik	22
3.2.1	Probenahme und Probenaufbereitung	22
3.2.2	Chemische Charakterisierung der Probenmaterialien	26
3.2.3	Umfang der durchgeführten Untersuchungen	27
3.3	Auswahl ökotoxikologischer Methoden zur Sicherung der Schutzziele Boden, Bodenertrag, Fermentationsprozess und Wasser	29
3.3.1	Ökotoxikologische Testverfahren – Auswahl der Einzeltests	29
3.3.2	Pflanzen-Test (Schutzziele: Boden und Bodenertrag)	30
3.3.2.1	<i>Testprinzip</i>	30
3.3.2.2	<i>Durchführung</i>	31
3.3.2.3	<i>Auswertung</i>	33
3.3.3	Bodenatmungs-Test (Schutzziele: Boden und Bodenertrag)	33
3.3.3.1	<i>Testprinzip</i>	33
3.3.3.2	<i>Durchführung</i>	35
3.3.3.3	<i>Auswertung</i>	37
3.3.4	Prüfung der anaeroben Verwertbarkeit (Schutzziel: Fermentationsprozess)	37
3.3.4.1	<i>Versuche mit statischen Kulturansätzen</i>	37
3.3.4.1.1	<i>Testprinzip</i>	37
3.3.4.1.2	<i>Durchführung</i>	39
3.3.4.1.3	<i>Auswertung</i>	39
3.3.4.2	<i>Versuche mit semi-kontinuierlichen Kulturansätzen</i>	40

3.3.5	Daphnien-Test (Schutzziel: Wasser)	42
3.3.5.1	<i>Testprinzip</i>	42
3.3.5.2	<i>Durchführung</i>	42
3.3.5.3	<i>Auswertung und Überprüfung des Testsystems</i>	42
3.3.6	Leuchtbakterien-Test (Schutzziel: Wasser)	43
3.3.6.1	<i>Testprinzip</i>	43
3.3.6.2	<i>Durchführung</i>	44
3.3.6.3	<i>Auswertung und Überprüfung des Testsystems</i>	44
3.3.7	Wasserlinsen-Test (Schutzziel: Wasser)	44
3.3.7.1	<i>Testprinzip</i>	44
3.3.7.2	<i>Durchführung</i>	44
3.3.7.3	<i>Auswertung und Überprüfung des Testsystems</i>	45
3.4	Toxikologische Methoden zur Sicherung der Schutzziele Mensch, Tier und Zelle	46
3.4.1	Spezifische Probenaufbereitung für die Toxikologie	46
3.4.1.1	<i>Referenzproben aus der Umwelt</i>	46
3.4.1.2	<i>Vergleichsproben und Produktionsrückstände</i>	48
3.4.2	Toxikologische Testverfahren – Festlegung der Untersuchungsendpunkte und Auswahl der Einzeltests	54
3.4.2.1	<i>Akute Toxizität</i>	57
3.4.2.2	<i>Mutagene Wirkung</i>	59
3.4.2.3	<i>Endokrine Wirksamkeit</i>	61
3.4.3	Toxikologische Testverfahren – Prinzipien und praktische Umsetzung der ausgewählten Einzeltests	64
3.4.3.1	<i>Neutralrot-Test</i>	64
3.4.3.1.1	<i>Testprinzip</i>	64
3.4.3.1.2	<i>Verwendete Lösungen und Medien</i>	66
3.4.3.1.3	<i>Durchführung</i>	66
3.4.3.1.4	<i>Auswertung</i>	68
3.4.3.2	<i>ROS-Test</i>	70
3.4.3.2.1	<i>Zielsetzung und Testprinzip</i>	70
3.4.3.2.2	<i>Durchführung</i>	70
3.4.3.2.3	<i>Auswertung</i>	70
3.4.3.2.4	<i>Prüfung der Zellkultur und Versuche zur Modifizierung des Tests</i>	71
3.4.3.3	<i>Ames-Test</i>	75
3.4.3.3.1	<i>Testprinzip</i>	75
3.4.3.3.2	<i>Verwendete Lösungen und Medien</i>	77
3.4.3.3.3	<i>Durchführung</i>	78
3.4.3.3.4	<i>Auswertung</i>	80
3.4.3.4	<i>E-Screen Assay</i>	80
3.4.3.4.1	<i>Testprinzip</i>	80
3.4.3.4.2	<i>Verwendete Lösungen und Medien</i>	81

3.4.3.4.3	Durchführung.....	82
3.4.3.4.4	Auswertung.....	86
3.4.3.5	<i>ELRA-Test</i>	88
3.4.3.5.1	Testprinzip.....	88
3.4.3.5.2	Verwendete Lösungen.....	88
3.4.3.5.3	Durchführung.....	89
3.4.3.5.4	Auswertung.....	93
4	Darstellung der Ergebnisse	95
4.1	Ergebnisse der chemischen Analytik	95
4.2	Ergebnisse der ökotoxikologischen Untersuchungen	99
4.2.1	Untersuchung des Einflusses auf terrestrische Systeme (Schutzziele: Boden und Bodenertrag).....	99
4.2.1.1	<i>Konzentrationen der Extrakttrockenmassen</i>	<i>100</i>
4.2.1.2	<i>Ergebnisse der Pflanzen-Tests</i>	<i>103</i>
4.2.1.2.1	Ergebnisse der Voruntersuchungen aus dem Pflanzen-Test.....	103
4.2.1.2.2	Ergebnisse der Hauptuntersuchungen aus dem Pflanzen-Test.....	106
4.2.1.2.3	Zusammenfassung der Ergebnisse der Pflanzen-Tests	121
4.2.1.3	<i>Ergebnisse der Bodenatmungs-Tests.....</i>	<i>121</i>
4.2.1.3.1	Auswertungsgrundlage.....	122
4.2.1.3.2	Erreichte Atmungsaktivität innerhalb von 5 Tagen (vor Substratzugabe).....	126
4.2.1.3.3	Abbau des Substrats Natriumbenzoat im Vergleich zur Kontrolle	130
4.2.1.3.4	Zeitlicher Verlauf des Abbauverhaltens.....	132
4.2.1.3.5	Qualitative Aussage von Sauerstoffzehrung und Kohlendioxidproduktion	136
4.2.1.3.6	Zusammenfassung der Ergebnisse des Bodenatmungs-Tests	140
4.2.2	Untersuchung des Einflusses auf anaerobe Systeme (Schutzziel: Fermentationsprozess).....	140
4.2.2.1	<i>Ergebnisse der Prüfungen mit statischen Kulturansätzen</i>	<i>141</i>
4.2.2.2	<i>Ergebnisse der Prüfungen mit semi-kontinuierlichen Kulturansätzen.....</i>	<i>144</i>
4.2.2.3	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse der anaeroben Abbauersuche.....</i>	<i>147</i>
4.2.3	Untersuchung des Einflusses auf aquatische Systeme (Schutzziel: Wasser)	147
4.2.3.1	<i>DOC-Gehalt der Probeneluat.....</i>	<i>148</i>
4.2.3.2	<i>Untersuchung zur Minderung des Einflusses biomassehaltiger Proben auf den Daphnien- und Wasserlinsen-Test.....</i>	<i>150</i>
4.2.3.2.1	Wirksamkeit der Antibiotika und Pflanzenextrakte im Plattendiffusionstest.....	151
4.2.3.2.2	Wirkung der Antibiotika und Pflanzenextrakte in Flüssigkeiten.....	153
4.2.3.2.3	Wirkung der Antibiotika und Extrakte auf Daphnien und Wasserlinsen.....	156
4.2.3.2.4	Abschließende Untersuchungen und weiterführende Bewertung	158
4.2.3.2.5	Zusammenfassung der Ergebnisse zur Minderung des Einflusses mikrobiellen Wachstums im Wasserlinsen- und Daphnien-Test	161
4.2.3.3	<i>Daphnien-Test.....</i>	<i>162</i>
4.2.3.3.1	Testung der Proben mit dem Daphnien-Test.....	162
4.2.3.3.2	Zusammenfassung der Ergebnisse des Daphnien-Tests	164
4.2.3.4	<i>Leuchtbakterien-Test</i>	<i>164</i>
4.2.3.4.1	Testung der Proben mit dem Leuchtbakterien-Test.....	164

4.2.3.4.2	Zusammenfassung der Ergebnisse des Leuchtbakterien-Tests	166
4.2.3.5	<i>Wasserlinsen-Test</i>	167
4.2.3.5.1	Testung der Proben mit dem Wasserlinsen-Test	167
4.2.3.5.2	Zusammenfassung der Ergebnisse des Wasserlinsen-Tests	169
4.2.4	Einführung von Bewertungsklassen	170
4.2.4.1	<i>Bewertungsklassen für den Pflanzen-Test (Schutzziele: Boden und Bodenertrag)</i>	171
4.2.4.2	<i>Bewertungsklassen für den Bodenatmungs-Test (Schutzziel: Boden)</i>	172
4.2.4.3	<i>Bewertungsklassen für die aquatischen Tests (Schutzziel: Wasser)</i>	174
4.2.4.4	<i>Bewertung der anaeroben Abbaubarkeit (Schutzziel: Fermentationsprozess)</i>	176
4.2.4.5	<i>Möglichkeit einer Umsetzung der Erkenntnisse aus den ökotoxikologischen Tests in Verwertungsoptionen für biomassehaltige Produktionsrückstände</i>	177
4.3	Ergebnisse der toxikologischen Untersuchungen	178
4.3.1	Untersuchungen auf akute Zytotoxizität mit dem Neutralrot-Test	178
4.3.1.1	<i>Überprüfung des Testsystems</i>	178
4.3.1.2	<i>Testung der Referenzböden mit dem Neutralrot-Test</i>	179
4.3.1.3	<i>Testung der Vergleichsproben und der Produktionsrückstände</i>	181
4.3.1.4	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse des Neutralrot-Tests</i>	182
4.3.2	Untersuchungen auf Mutagenität mit dem Ames-Test	183
4.3.2.1	<i>Überprüfung des Testsystems</i>	183
4.3.2.2	<i>Testung der Referenzböden mit dem Ames-Test</i>	186
4.3.2.3	<i>Testung der Vergleichsproben und der Produktionsrückstände</i>	186
4.3.2.4	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse des Ames-Tests</i>	187
4.3.3	Untersuchungen auf endokrine Wirksamkeit mit dem E-Screen-Assay	187
4.3.3.1	<i>Überprüfung des Testsystems</i>	187
4.3.3.2	<i>Testung der Referenzböden mit dem E-Screen-Assay</i>	190
4.3.3.3	<i>Testung der Vergleichsproben und der Produktionsrückstände</i>	191
4.3.3.4	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse des E-Screen-Assays</i>	193
4.3.4	Untersuchungen auf endokrine Wirksamkeit mit dem ELRA-Test	194
4.3.4.1	<i>Überprüfung des Testsystems</i>	194
4.3.4.2	<i>Testung der Referenzböden mit dem ELRA-Test</i>	195
4.3.4.3	<i>Testung der Vergleichsproben und der Produktionsrückstände</i>	197
4.3.4.4	<i>Zusammenfassung der Ergebnisse des ELRA-Tests</i>	198
4.3.5	Zusammenfassung, Diskussion der Ergebnisse und weiterer Forschungsbedarf	198
4.3.5.1	<i>Umsetzung der Aufgabenstellung im vorliegenden Projekt</i>	198
4.3.5.2	<i>In den Wirkungstests erzielte Ergebnisse</i>	199

4.3.5.3	<i>Zusammenfassende Beurteilung der toxikologischen Untersuchungen</i>	201
5	Umweltverträglichkeits-Prüf- und Bewertungssystem (UPBS)	203
5.1	Rechtlicher Rahmen und Entscheidungsmatrix zur Einteilung von Produktionsrückständen	203
5.2	Entwicklung eines Prüfschemas und Erprobung anhand realer Produktionsrückstände	206
5.2.1	Prüfschema.....	206
5.2.2	Produktionsrückstände aus verschiedenen Branchen	208
5.3	Anwendung in anderen Bereichen der Abfallwirtschaft.....	210
5.3.1	Konkretisierung der Gefährlichkeitsmerkmale	210
5.3.2	Wirtschaftlichkeit	212
5.3.3	Nutzen des UPBS für die Wirtschaft.....	214
6	Literatur	217
	Abbildungsverzeichnis	226
	Tabellenverzeichnis.....	229