## *Technology Assessment /Risk Assessment im Projektbereich „Neue Biotechnologien“*

I F Z

- durchgeführte / laufende Projekte
  - **Enzyme in Wasch und Reinigungsmitteln. Technikfolgen-Abschätzung u. -Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung der Gentechnologie**
    **Auftraggeber: BMU; Laufzeit: 1995-1998**
  - **Enquete und Gesprächsrunden der Steiermärkischen Landesregierung zu „Gentechnik in Landwirtschaft u. Lebensmitteln“**
    **Auftraggeber: Steiermärkische Landesregierung, Laufzeit: 1997-1998**
  - **Regulation of Enzymes in the European Union (Arbeitstitel)**
    **Auftraggeber: GD Umwelt, E.C.; Laufzeit: 2000-2001**
  - **Standardisierung der Vorgangsweise zur Abschätzung möglicher toxischer oder allergener Auswirkungen von GVO-Produkten**
    **Teil 1: GVP(-Produkte) nach Richtlinie 90/220)**
    **Teil 2: GVP-Produkte nach Novel Food Verordnung**
    **Auftraggeber: BMWA, BMSG; Laufzeit: 2000-2002**

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- *Technikfolgen-Abschätzung und -Bewertung unter besonderer Berücksichtigung der Anwendung der Gentechnologie*
- Auftrag des Bundesministeriums für Umwelt
  Laufzeit: 1995 - 1998

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Anlaß
  - ***zunehmender Einsatz von Enzymen***
  - ***erstmaliger bzw. verstärkter Einsatz der Gentechnologie***
  - ***öffentliche Debatten und Unsicherheit bezüglich***
    - **ökologischer Aspekte**
    - **gesundheitlicher Aspekte**
    - **rechtlicher Aspekte**
  - ***wenig zugängliche Information***

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Projektziel: Erhebung des Status Quo
  - ***Technologie, Ökonomie, Sicherheit, Recht***
    - **Produktion**
    - **Konfektionierung**
    - **Anwendung**
    - **Entsorgung**
  - ***Alternativtechnologien***

# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- Projektziel: Assessement
  - ***Bewertung in ökologischer u. gesundheitlicher Hinsicht***
  - ***Ableitung von Forschungs- und Handlungsbedarf***

# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- Übersicht Enzymanwendung

| *Enzym* | *seit* | *gegenwärtiger Anwendungsbereich* |
|---|---|---|
| ***Proteasen*** | 1914 Pankreasproteasen<br>1966 mikrobielle Proteasen (pH 8-10)<br>1986 hochalkalische Proteasen (pH 9-11)<br>1990 Proteasen aus GVM | **Haushaltsbereich:** hohe Verbreitung (alle Produktgruppen außer Wollwaschmittel)<br>**Gewerblicher Bereich**: hohe Verbreitung (alle Produktgruppen außer Wollwaschmittel) |
| ***α-Amylasen*** | 1975 in Pulverwaschmitteln<br>1982 in Flüssigwaschmitteln | **Haushaltsbereich**: mittlere Verbreitung (hauptsächlich Universal- und Colorwaschmittel und Maschinengeschirrspülmittel, vor allem in Flüssig-, weniger in Pulverformulierungen)<br>Gewerblicher Bereich: sehr geringe Verbreitung (Universalwaschmittel, Waschhilfsmittel, Maschinengeschirrspülmittel) |
| ***Cellulasen*** | 1987 in Japan<br>1990 in USA<br>1992 in Deutschland | **Haushaltsbereich**: geringe bis mittlere Verbreitung (Universalwaschmittel, Colorwaschmittel, Bunt- und Feinwaschmittel, Waschhilfsmittel)<br>**Gewerblicher Bereich**: keine Anwendung bekannt |
| ***Lipasen*** | 1988 in Japan<br>1990 in USA<br>1991 in Deutschland | **Haushaltsbereich**: mittlere Verbreitung (hauptsächlich Universal-, Color-, Bunt- und Feinwaschmittel, auch Waschhilfsmittel, Maschinengeschirrspülmittel, Reinigungsmittel)<br>**Gewerblicher Bereich:** mittlere Verbreitung (hauptsächlich Universalwaschmittel, auch Waschhilfsmittel und Reinigungsmittel) |
| ***Peroxidasen*** | 1997 am Markt eingeführt | derzeit in keinem Wasch- oder Reinigungsmittel eingesetzt |

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- Unterschiede in der Bewertung bei:
  - ***Enzymen aus konventionell optimierten MO***
  - ***Enzymen aus GVM***
  - ***Enzymen aus GVM (Protein Engineering)***

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- Enzymtechnologie und Gentechnik -
  - ***Enzyme sind direkte Translationsprodukte (kaum posttranslationale Modifikation)***
    - **Ein Enzym - ein Gen**
    - **Überwindung der Artgrenzen**
    - **gezielte Beeinflussung der Biosyntheseleistung**
      - Kopienzahl
      - Eingriff in Regulationssysteme
      - Entwicklung/Verfügbarkeit von artifiziellen Expressionssystemen
    - **Entsprechende Techniken für Mikroorganismen bereits früh entwickelt**
    - **Änderung der Enzymcharakteristika durch Protein Engineering**

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- Enzymtechnologie und Gentechnik
  - ***Ziele***
    - **Steigerung der Ausbeute**
    - **Verringerung des Ressourceneinsatzes**
    - **Vereinfachungen in verfahrenstechnischer Hinsicht**
    - **Anpassung des Produktionsorganismus an Erfordernisse des Fermentationsprozesses**
    - **Anpassung der Enzymeigenschaften an Erfordernisse aus der Anwendung**

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

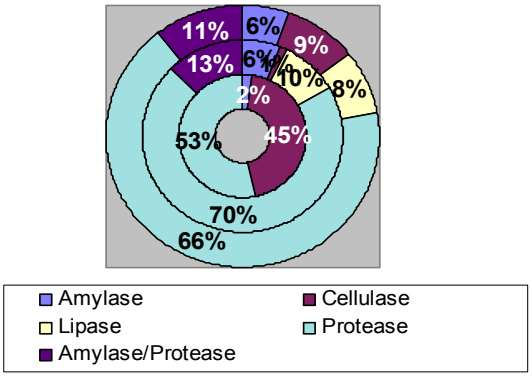
I F Z

- Waschmittelenzyme und Gentechnik
  - ***spezifische Rahmenbedingungen begünstigen den Einsatz der Gentechnik***
    - **Marktkonzentration begünstigt kapitalintensive F & E**
    - **wenige und gut definierte Entwicklungsziele (Anforderungen aus der Anwendungsumwelt)**
    - **nur vier (fünf) Arten von Enzymen**
    - **hohe Tonnagen**

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

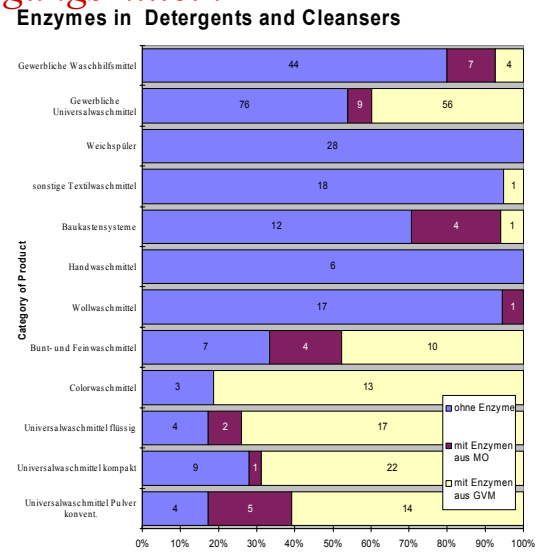
**Consumption of Detergent Enzymes in Austria**




## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

**Westeuropa 1996**

# *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*




# *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

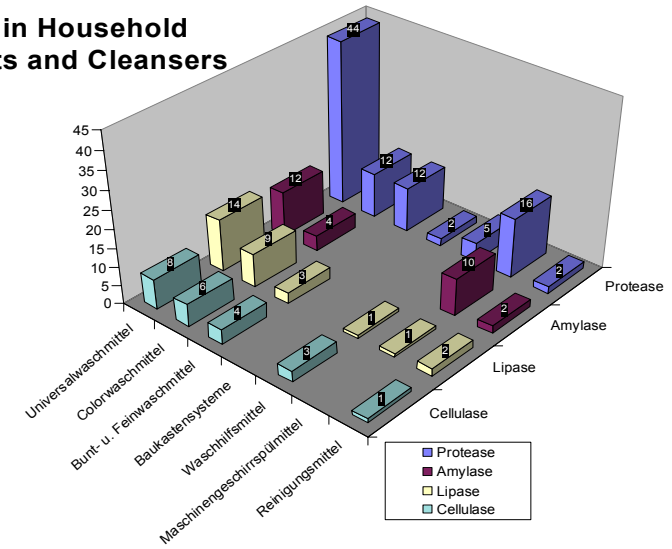
## Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln

| Produktgruppe | Anzahl Produkte | | Produktionsmenge | |
|---|---|---|---|---|
| | Prozentanteil mit Enzymen | Prozentanteil mit GVM-Enzymen | Prozentanteil mit Enzymen | Prozentanteil mit GVM-Enzymen |
| Universalwaschmittel | 79 | 67 | >95 | >95 |
| Colorwaschmittel | 81 | 81 | >95 | >95 |
| Bunt- u. Feinwaschmittel | 67 | 62 | ≈85 | ≈80 |
| Maschinen-geschirrspülmittel | 32 | 30 | ≈90 | ≈85 |

Datenbasis 1994 bis 1996

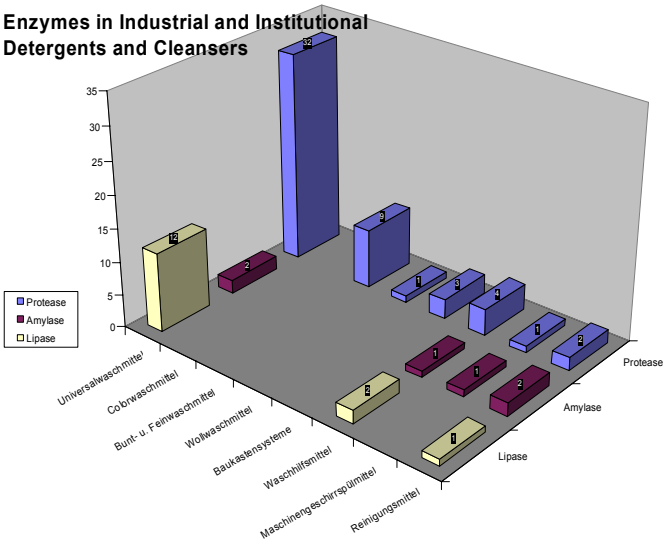
## *TA: "Enzymes in Detergents and Cleansers"*

**Enzymes in Household Detergents and Cleansers**



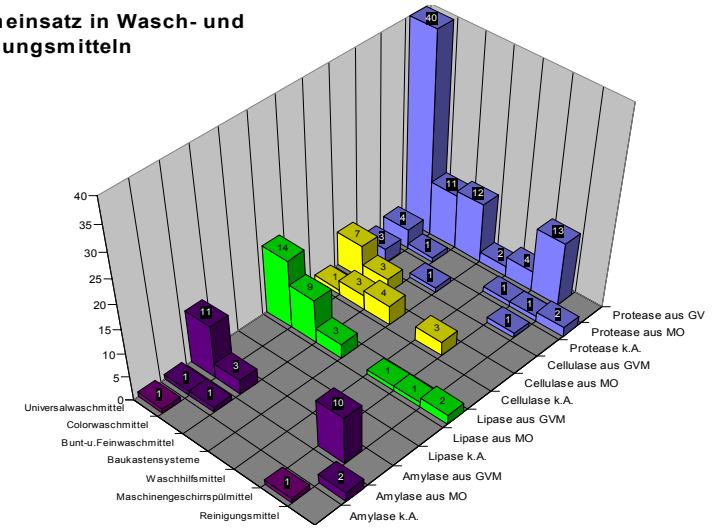

## *TA: "Enzymes in Detergents and Cleansers"*

**Enzymes in Industrial and Institutional Detergents and Cleansers**



# *TA: "Enzymes in Detergents and Cleansers"*

**Enzymeinsatz in Wasch- und Reinigungsmitteln**

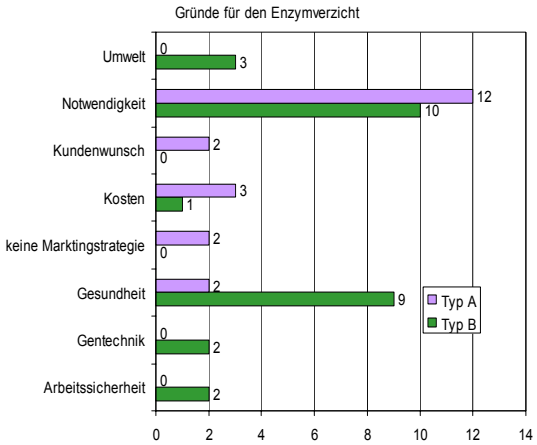



# *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln"*

- Alternativhersteller und Alternativtechnologien
  - ***geringe Marktrelevanz von Alternativprodukten (ca. 1%)***
  - ***Enzymverwendung umstritten***
  - ***kaum Alternativen zu Enzymen***
  - ***Enyzmverzicht scheint keine große Rolle zu spielen, ist eher in einer „ganzheitlichen Firmenphilosophie" eingebettet***
  - ***bei Befragung werden Gesundheitsschutz- und Umweltschutzgründe angegeben***
  - ***event. schlechtere Performance ohne Enzyme akzeptierbar weil die Umweltschonung im Vordergrund steht***

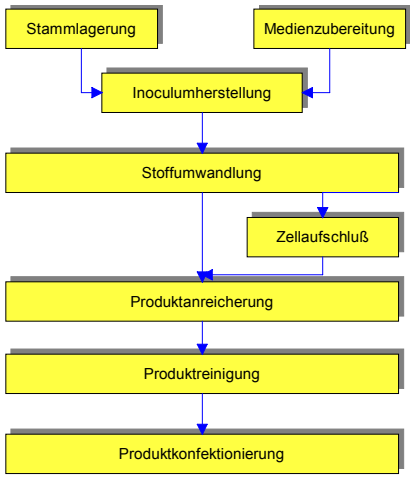
# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- Befragung von Herstellern von Wasch- und Reinigungsmitteln



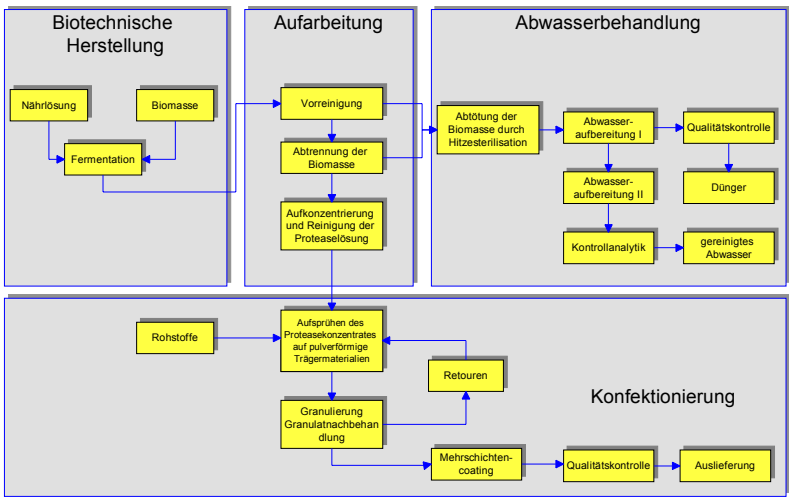

# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- *Grundzüge biotechnischer Stoffumwandlung*



# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

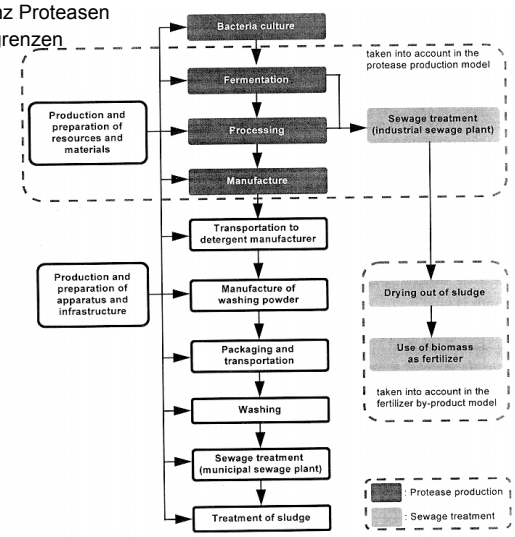
- Herstellung der Protease




*Quelle: Cognis*

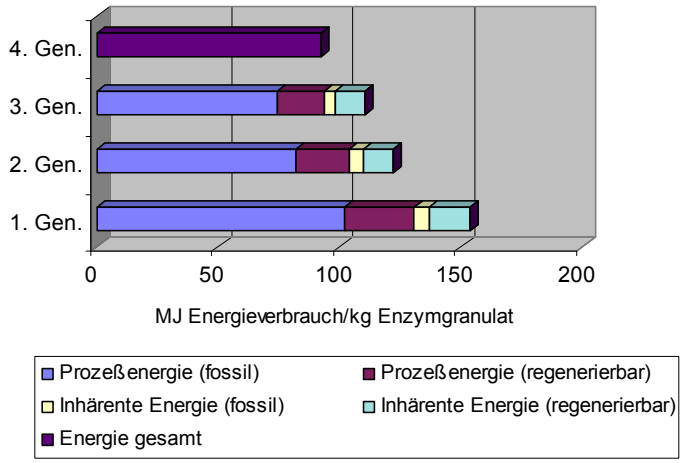
# TA: Enzyme in Wasch-und Reinigungsmitteln

- Ökobilanz Proteasen
  Systemgrenzen



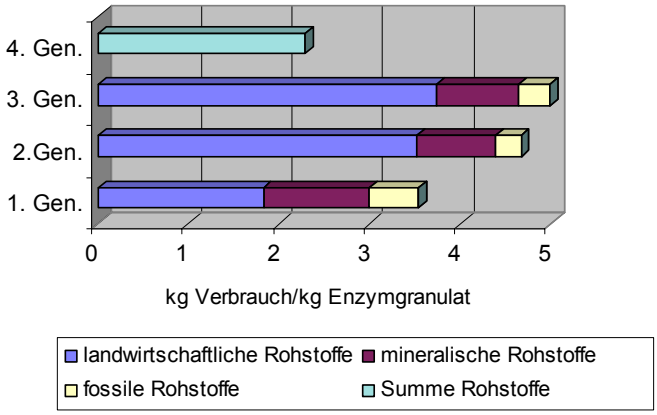
## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

Energiebedarf bei der Produktion der Bacillus-Waschmittelproteasen bezogen auf Menge Enzymgranulat




## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

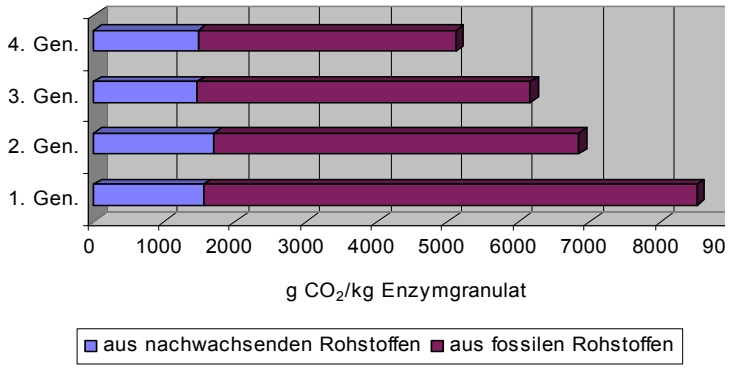
Ressourcenverbrauch bei der Produktion von Bacillus-Waschmittelproteasen bezogen auf Menge Enzymgranulat



## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

$CO_2$-Emissionen bei der Produktion von Bacillus-Waschmittelproteasen bezogen auf Enzymgranulat

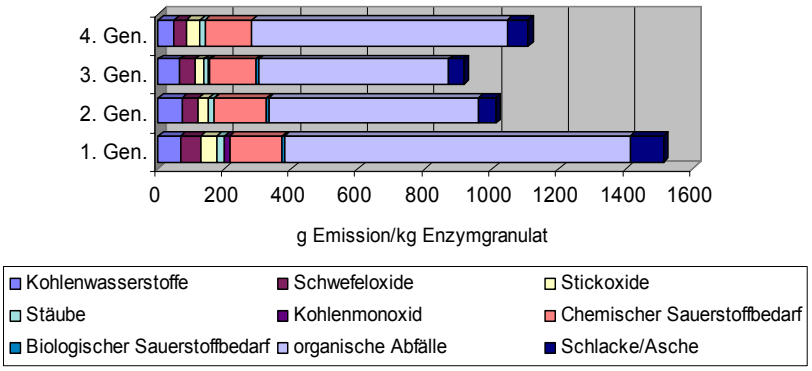



iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

Aggregierte Emissionen für die Produktion der Bacillus-Waschmittelprotease bezogen auf Enzymgranulat




iff

# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- Gentechnik versus konventionelle Optimierung

| | Einsparungen und Reduktionen: Proteasen 4. Generation/ 1. Generation [Prozent] | |
|---|---|---|
| | bezogen auf Waschleistung | bezogen auf Menge Enzympräparat |
| Energieverbrauch | 83,6 | 39,9 |
| Rohstoffverbrauch | 82,5 | 35,2 |
| Kohlendioxid | 83,8 | 52,2 |
| Kohlenwasserstoffe | 80,6 | 28,2 |
| Schwefeloxide | 83,3 | 38,3 |
| Stickoxide | 77,6 | 16,9 |
| Stäube | 83,3 | 38,3 |
| Kohlenmonoxid | k. A. | k. A. |
| COD | 75,9 | 11,0 |
| BOD | k. A. | k. A. |
| organische Abfälle | 80,1 | 26,2 |
| Schlacke/Asche | 82,7 | 35,8 |

Quelle: Cognis, eigene Berechnungen

# TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“

- Reduktionpotentiale bezogen auf Proteasenverbrauch in Österreich

| | Einheit | Reduktionspotential/Jahr | |
|---|---|---|---|
| | | 3. Generation | 4. Generation |
| Energieverbrauch | GJ | 5.434 | 11.685 |
| Rohstoffverbrauch | t | 311,3 | 201,3 |
| Kohlendioxid | t | 444 | 645 |
| Kohlenwasserstoffe | t | 0,4 | 3,6 |
| Schwefeloxide | t | 2,7 | 4,4 |
| Stickoxide | t | 3,8 | 1,6 |
| Stäube | t | 2,3 | 1,7 |
| Kohlenmonoxid | t | 1,7 | k. A. |
| COD | t | 4,0 | 3,3 |
| BOD | t | +0,4 | k. A. |
| organische Abfälle | t | 88,2 | 51,45 |
| Asche/Schlacke | t | 10,0 | 6,7 |

# *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

**Stoffströme Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln**

Jahresverbrauch für Österreich

| Enzym | aus MO | aus GVM | Gesamt | |
|---|---|---|---|---|
| | Reinenzym [kg] | Reinenzym [kg] | Reinenzym [kg] | Enzympräparat [ |
| Protease | 2325 | 14507 | 16836 | 16832 |
| Amylase | 97 | 1286 | 1385 | 2766 |
| Lipase | --- | 1969 | 1969 | 3937 |
| Cellulase | 1965 | 200 | 2160 | 10825 |
| Protease/ Amylase | --- | 2632 | 2632 | 3947 |
| **Total** | **4388** | **20593** | **24982** | **38308** |

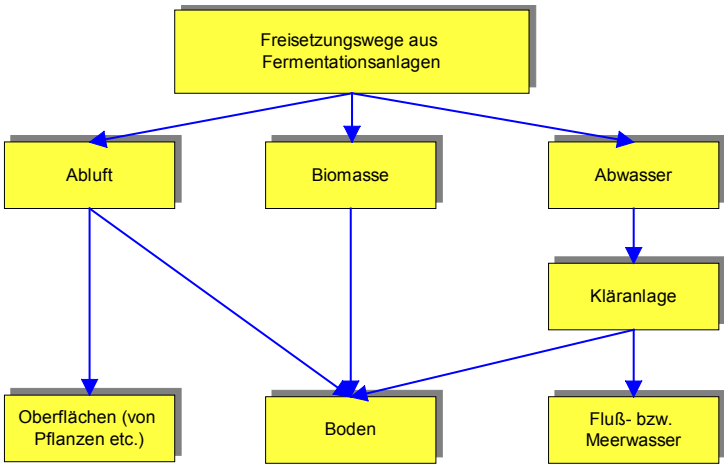
Datenbasis 1994 bis 1996

iff

# *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- Freisetzungswege aus dem “Contained Use”




iff

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Ökologische Aspekte: Waschmittelenzyme allgemein
  - *geringer Umwelteintrag*
  - *biologisch gut abbaubar*
  - *keine relevante Ökotoxizität*
  - *Herstellung aus „nachwachsenden Rohstoffen“*
  - *Fermentationsschlämme als Dünger nutzbar*
  - *Anteil an ökologisch positiv bewerteten Entwicklungen*
    - **Reduktion der Temperatur**
    - **Reduktion der Dosierung**
  - *(teilweise)Substitution von Waschmittelchemikalien?*

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Ökologische Aspekte: Enzyme aus GVM 1
  - *Reduktion von Stoffströmen*
  - *Einsparung von Energie bei der Enzymproduktion*
  - *Anheben der spezifischen Waschleistung*
  - *bisher keine Anzeichen von Änderungen im Abbauverhalten und in der Ökotoxizität durch PE: prinzipiell aber möglich*
  - *bestimmte Enzyme erst durch den Einsatz der Gentechnik verfügbar*

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Ökologische Aspekte: Enzyme aus GVM 2
  - **Emission von MO bei der Produktion reduzierbar aber nicht verhinderbar (Grenzwertkonzept greift nicht)**
    - höhere Persistenz von GVM im Ökosystem
  - **höhere Persistenz von Nukleinsäuren im Ökosystem**
    - Weitergabe durch Gentransfer (u. a. die Antibiotikaresistenzgene)
  - **gegenwärtige Risikoabschätzungsverfahren unzureichend**
    - pleiotrope Effekte
    - Wissensstand über Wechselwirkungen von MO im Ökosystem gering
    - kaum Methoden und Experimentalanordnungen vorhanden
    - Monitoring von GVM und Nukleinsäuren unzureichend
  - **Erhöhung der Sicherheit bei Genen aus MO Stufe <1**

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- (mögliche) ökologische Vorteile von Waschmittelenzymen
  - ***Einsparungen bei Rohstoff- und Energieverbrauch***
  - ***Reduktionen bei Emissionen***
  - ***gute biologische Abbaubarkeit***
  - ***geringe aquatische Toxizität***
  - ***Anteil an ökologisch positiv bewerteten Entwicklungen***
    - **Senkung der Waschtemperatur**
    - **Einsparung von Chemikalien**
    - **Reduktion der Dosierung**
  - ***Substitution von Chemikalien ?***

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- (mögliche) ökologische Probleme
  - ***Risiken durch gentechnisch veränderte Mikroorganismen ?***
    - **Problem: Definition/Kriterien f. „Schäden“**
      - Überleben in der Umwelt
      - Persistenz von (rekombinanten) Nukleinsäuren
      - Gentransfer
      - Antibiotika-Resistenzgene
  - ***Methode der Risikoabschätzung adäquat ?***
  - ***Monitoring ausreichend ?***
  - ***Wissensgrundlagen hinreichend ?***

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Bewertungsdilemma
  - ***(mögliche) ökologische Vorteile durch Reduktionen bei Stoff- und Energieströmen***
    - **nachweisbare, quantifizierbare Vorteile**
      - z.B. Ökobilanz bei Enzymen aus GVM
    - **nicht nachgewiesene, aber plausible Vorteile**
      - z.B. Senkung der Waschtemperatur
  - ***(mögliche) ökologische Nachteile durch mögliche Umweltrisiken von GVM***
      - z.B. Gentransfer, Antibiotikaresistenzgene

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Folgerung
  - ***Formulierung von Bedingungen unter denen der Einsatz von Gentechnik (= Erhöhung der Unsicherheit) angesichts des (möglichen) Nutzens als akzeptabel angesehen wird***

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Ökologische Aspekte: Empfehlungen I
  - ***Reduktion von (möglichen) Risiken durch GVM durch***
    - Verzicht auf Antibiotikaresistenzmarker
    - Verzicht auf plasmidcodierte Expressionssysteme
    - auschließlich asporogene Produktionsorganismen Stufe 1
    - Inaktivierung der Abprodukte
    - Verbesserung und Routinisierung des Monitorings von Produkionsorganismen und DNA (Methodik, Standardisierung)
    - Monitoring der Ökotox- u. Abbau-Daten von PE-Enzymen
    - Verbesserung der empirischen Wissensbasis (MO/GVM)

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Ökologische Aspekte: Empfehlungen II
  - ***in Bezug auf Stoff- und Energieströme***
    - Durch Anstieg der spez. Waschleistung der Enzymfraktion Chemikalien- oder Energieeinsparung (Nachweis !)
    - alternativ: Reduktion des enzymatischen Anteils
    - Dokumentation von Chemikaliensubstitutionen (Lipasen, Peroxidasen)
    - Durchführung von LCA bei anderen Waschmittelenzymen
    - Empfehlungen hinsichtlich der Inhaltsstoffe von Enzympräparate (?)

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

- Emfehlung & Konsequenz:
  Monitoring der Sicherheitsdaten durch nationale Behörden (freiwillige Verpflichtung der Industrie)
  - ***Enzymhersteller stellen Daten über Enzyme, deren Herkunft, Herstellung und Sicherheitsbewertung zur Verfügung***
  - ***Waschmittelhersteller melden den Behörden, in welchen Produkten diese Enzyme eingesetzt werden***

## *TA „Enzyme in Wasch- und Reinigungsmitteln“*

I F Z

- Enzyme und EINECS
  - ***nahezu alle industriellen Enzyme sind „Altstoffe“***
  - ***Problem allgemeine Einträge***
  - ***krasses Beispiel: EINECS-Nr. 2830712: „Antigene“***
    - **Stoffidentität: allgemeine Einträge im EINECS nehmen keine Rücksicht auf**
      - Quelle: (MO, GVM, tierische od. pflanzliche Gewebe)
      - Strukturmodifikationen (protein engineering)
  - ***Problem: EINECS kann nicht modifziert werden***

iff

## *TA „Enzyme in Wasch- u. Reinigungsmitteln“*

I F Z

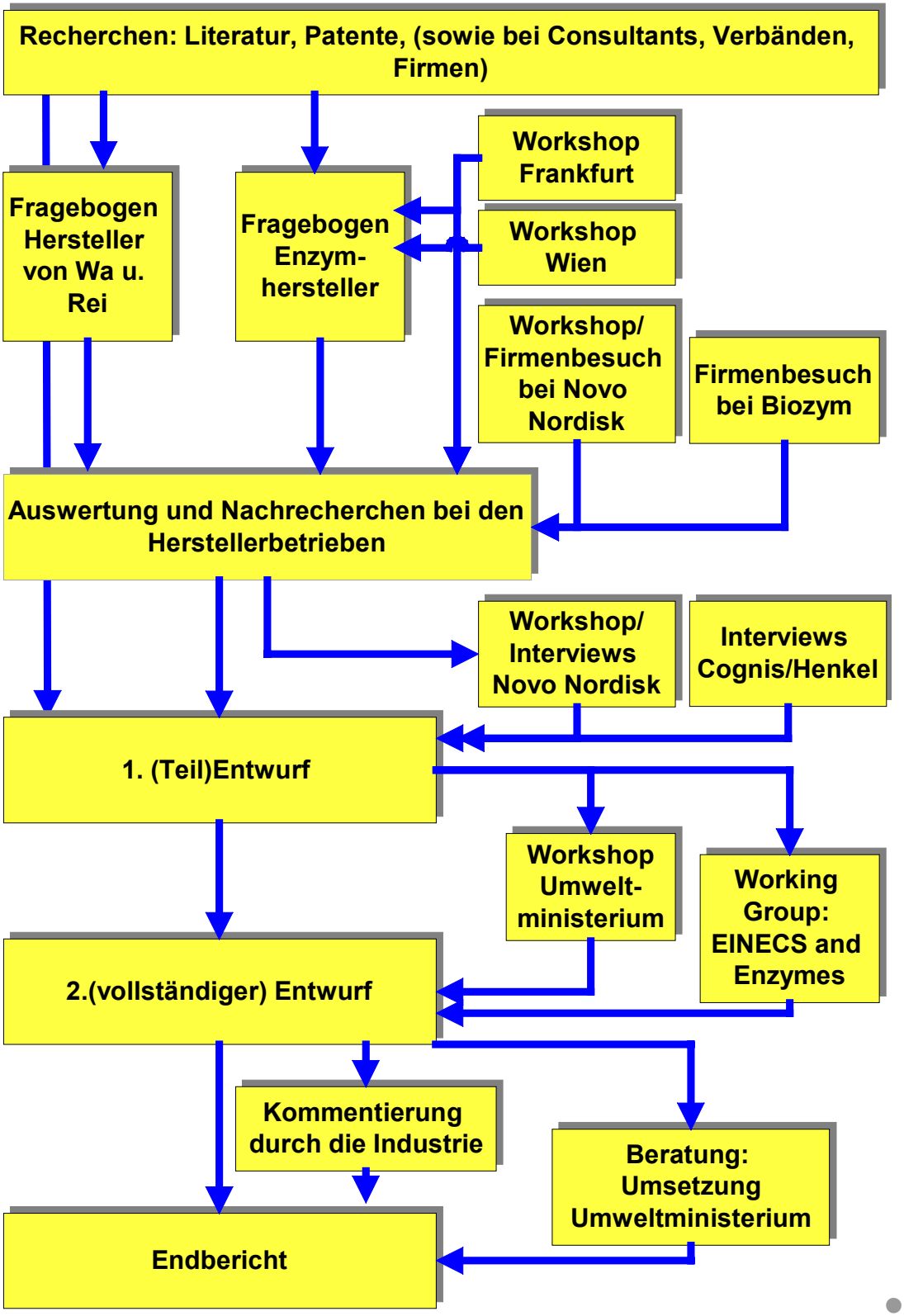
- Folgen der TA -Studie
  - ***ökologische Bewertung von Enzymen bleibt schwierig***
  - ***unmittelbar: Selbstverpflichtung der Industrie (Monitoring durch das BMU)***
  - ***realistischere Einschätzung des allergenen Potentials von Waschmittelenzymen***
  - ***Anhebung des Problembewußtsein bezüglich der unbefriedigenden chemikalienrechtlichen Regelung von Enzymen in der EU***
    - Projekt „Regulation of Enzymes in the European Union (AT)
      Auftraggeber: EC, GD Umwelt, 2000-2001

iff

# TA „Enzyme in Wasch- u. Reinigungsmitteln“

- Zusammenfassung

# TA „Enzyme in Wasch- u. Reinigungsmitteln“

# *TA „Enzyme in Wasch- u. Reinigungsmitteln“*

**Projektablauf: TA Enzyme**