

# Synthese intelligenter Hydrogele mit Hilfe von Porogenen zur reversiblen Einbettung von Enzymen

Chr. Fänger, G. Deerberg, U. Bergstedt, H. Wack;

Fraunhofer-Institut für Umwelt-, Sicherheits- und Energietechnik UMSICHT • Osterfelder Straße 3 • 46047 Oberhausen

Telefon: +49 2 08/85 98-11 39 • Telefax: +49 2 08/85 98-14 24 • E-Mail: christian.faenger@umsicht.fhg.de • Internet: www.umsicht.fhg.de

M. Ulbricht; Universität Essen/Duisburg

W. Eberhard, J. Büchs, M. Heinemann, S. Steinsiek, M. Schumacher-Ansorge; RWTH Aachen

## Einleitung

Hydrophile Gele werden seit langem für die Immobilisierung von Enzymen, z. B. in Bio-Reaktoren, eingesetzt. Bisher erfolgte die Verknüpfung von Gel und Enzymen jedoch irreversibel, so dass nach Deaktivierung der Enzyme das Gel mitentsorgt werden musste. Aufgrund der hohen Gelmasse bezogen auf die Enzymmasse, ist diese Entsorgung deshalb mit erheblichen Mehrkosten verbunden.

## Ansatz

Das bei Funktionsgelen thermoinduzierbare Auf- und Entquellen soll zum Ein- und Ausbringen der Enzyme genutzt werden.

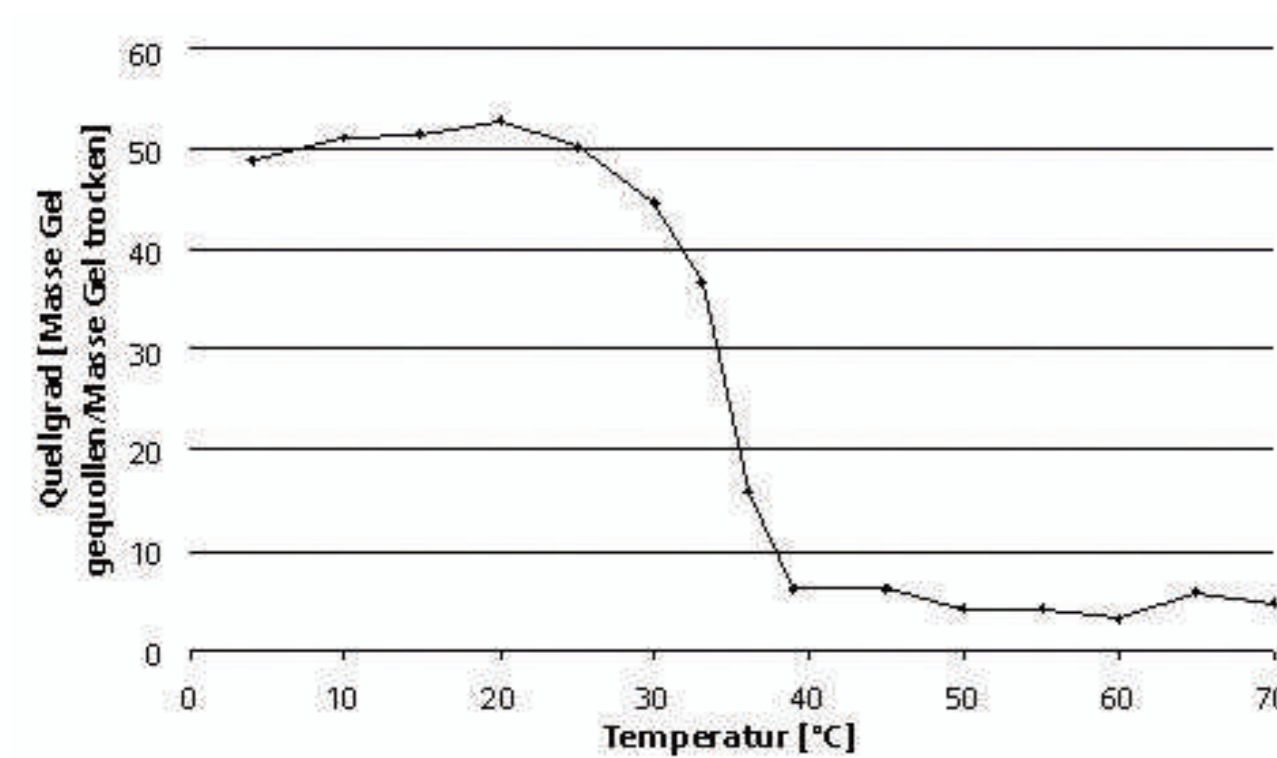
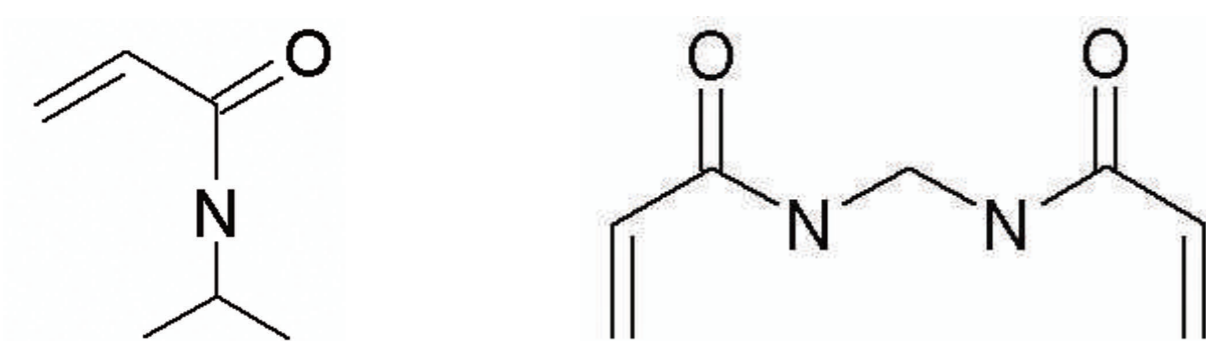


Abb. 1:

»Intelligentes« Hydrogel auf N-Isopropylacrylamid-Basis (NIPAm). Reagiert thermosensitiv.

Syntheseparameter:

- Gesamtmonomerkonzentration 5%
- Vernetzerkonzentration 5%
- Synthesetemperatur 25 °C
- Starterverhältnis 1:100



Monomer N-Isopropylacrylamid (NIPAm)

(Struktur links)

Vernetzer: N,N-Methylenbisacrylamid (Struktur rechts)

Die Versuche zur Be- und Entladung wurden mit einer farbigen Referenzsubstanz (markiertes Dextran-FITC-Konjugat/ $M_w=70.000\text{g/mol}$ ) durchgeführt.



Abb.2:

Querschnitt des präparierten Gels nach Aufquellen in der Referenzsubstanzlösung (1cm Formkörper), s. Abb. 1

Die Referenzsubstanz dringt nicht bis in das Gelinnere vor. Die Poren des Gels sind zu klein, oder es existieren Barrieren um/im Formkörper.

## Neuer Ansatz

Gelsynthese unter Anwesenheit von Porogenen z. B. Polyethylenglycol. Die Referenzsubstanz dringt vollständig in das Gel ein.



Abb. 3:

Querschnitt des präparierten porogenen Gels nach Aufquellen in Referenzsubstanzlösung (1cm Formkörper, Zusammensetzung wie Abb.1 + PEG400, 40w%)

## Quantitative Untersuchung der Beladung

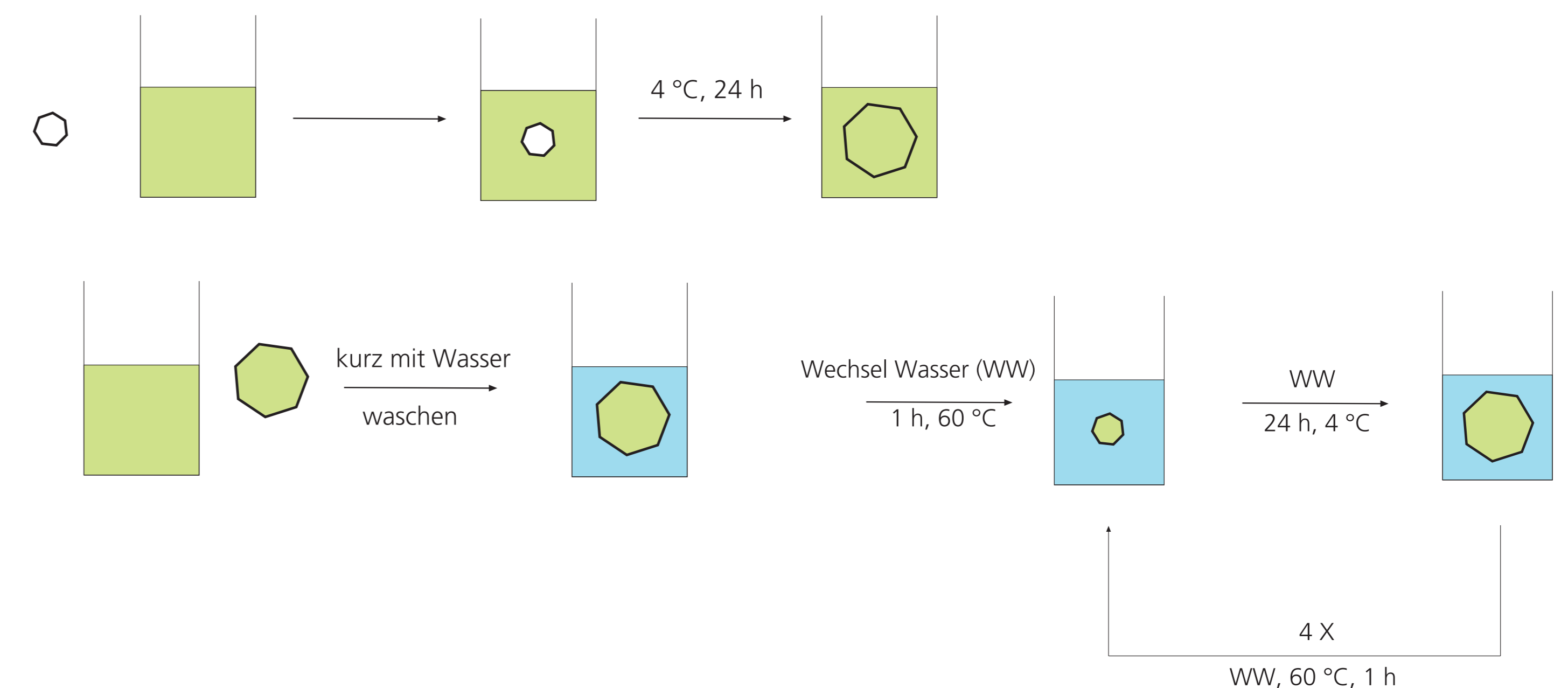


Abb. 4:

Versuchsprogramm zur quantitativen Untersuchung der Be- und Entladung der Gele mit markierten Referenzsubstanzen (FITC-Dextran mit unterschiedlichen Molekulargewichten)

Die Berechnung der Beladung (Konz. Dextran im Gel/Konz. Dextran in Lösung) erfolgte über die Bilanzierung der Substanzkonzentration der äußeren Lösung.

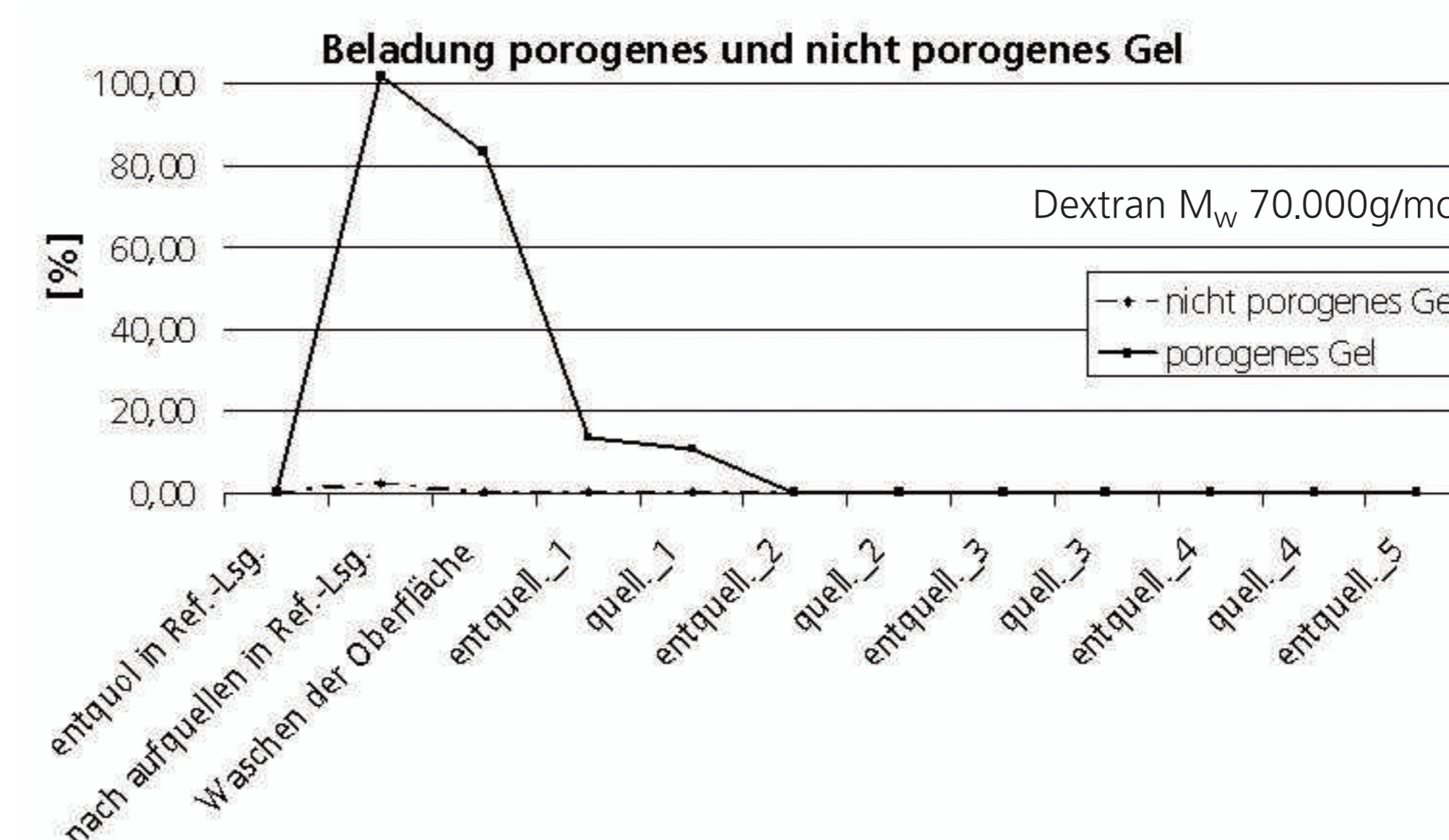


Abb.5:

Repräsentative Ergebnisse der Be- und Entladung der Gele (nicht porogenes Gel wie Abb. 1, porogenes Gel wie Abb. 3)

## Diskussion und Schlussfolgerung

Die Be- und Entladung von »intelligenten« Hydrogelen mit Makromolekülen (auch Enzymen) ist durch Änderung der Temperatur möglich.

Diese Gele müssen aber mit Porogenen modifiziert werden, um deren Poren entsprechend aufzuweiten.

Entsprechende Gele sind für den Einsatz als Enzymträger in Bioreaktoren denkbar. Nach deren Deaktivierung können die Enzyme durch Erhöhung der Temperatur entfernt, und durch Aufquellen wieder neu beladen werden. Auf diese Weise können gezielt nur die Enzyme entsorgt werden.

