



Doctoral Thesis

Biologische Leistungsfähigkeit des Torus-Bioreaktors unter Variation der Mediumseigenschaften

Author(s):

Krebsler, Urs André

Publication Date:

1987

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-000410065> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

Diss. ETH Nr. 8213

**BIOLOGISCHE LEISTUNGSFÄHIGKEIT DES
TORUS-BIOREAKTORS UNTER VARIATION DER
MEDIUMSEIGENSCHAFTEN**

ABHANDLUNG

zur Erlangung des Titels eines
Doktors der Naturwissenschaften
der

**EIDGENÖSSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE
ZÜRICH**

vorgelegt von

Urs André Krebsler

Dipl.Natw. ETHZ

geboren am 24. November 1956

von Winterthur ZH

Angenommen auf Antrag von
Prof. Dr. A. Fiechter, Referent
Prof. Dr. F. Widmer, Korreferent

Zürich 1987

5. Zusammenfassung

Zur Untersuchung der Eignung und der biologischen Leistungsfähigkeit des horizontalen Schlaufenreaktors (TORUS) wurden im Rahmen vergleichender Untersuchungen verschiedener Bioreaktoren die Sauerstofftransferate (OTR) und die Biomasseproduktivität in Abhängigkeit der Betriebsparameter sowie der Medumeigenschaften ermittelt. Systematisch wurden der spezifische Leistungseintrag und die Begasungsrate variiert. Die Medumeigenschaften wurden von nicht-schäumend über schäumend bis hochviskos (durch Beimischen des Biopolymers Xanthan) verändert. Als Testsystem wurde die Hefe *Trichosporon cutaneum* in einem synthetischen Glucosemedium verwendet und im TORUS wurde zusätzlich der Biopolymerproduzent *Xanthomonas campestris* als Vergleichssystem eingesetzt und auf seine Eignung als biologisches Testsystem beurteilt.

Um den Zusammenhang zwischen den fluiddynamischen Eigenschaften des TORUS-Bioreaktors und der biologischen Leistungsfähigkeit zu untersuchen, wurden Mischzeiten, Umlaufzeiten und der lokale Gasgehalt ermittelt. Dabei kamen physikalische Messmethoden, unter anderem die Fluoreszenzmessung, in biologischen Medien unter Züchtungsbedingungen zum Einsatz.

Die biologischen Tests zeigten, dass unabhängig von den Mediumseigenschaften ein Zusammenhang zwischen der Sauerstofftransferate (OTR) und dem volumenbezogenen Leistungseintrag (P/V) sowie der Gasleerrohrgeschwindigkeit (w_{SG}) mit für jedes System eigenen Exponenten und Faktoren besteht:

$$OTR = u (P/V)^v (w_{SG})^w$$

Die maximal erreichten Sauerstofftransferaten waren in schäumenden Medien $6.9 \text{ kg m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ bei 6.5 kW m^{-3} und $6.4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ Gasleerrohrgeschwindigkeit. Im nicht-schäumenden waren die Sauerstofftransferaten 28% tiefer bei 10% höherem

Füllungsgrad. Für hochviskose Systeme ergaben sich bis 40 fach kleinere Sauerstofftransferaten bei 3% Xanthan ($\eta = 2.1 \text{ Pa s}$ bei $D = 28.8 \text{ s}^{-1}$). Der Einfluss des Leistungseintrages auf die Sauerstofftransferate ist grösser als der der Begasung. Für hochviskose Medien ($> 1\%$ Xanthan) wird der Bestimmungsfehler der Sauerstofftransferate so gross, dass der Einfluss der Gasleerrohrgeschwindigkeit nicht mehr signifikant ist. In hochviskosen Medien zeigt der TORUS dank der hohen Randgängigkeit des Propellers ähnliche Sauerstofftransferaten wie Rührkessel mit speziellen Rührerkonstruktionen.

Mit den fluiddynamischen Resultaten konnte gezeigt werden, dass ein direkter Zusammenhang zwischen der Strömungsform, dem Leistungseintrag und der biologischen Leistungsfähigkeit besteht. So existiert ein stofftransportaktives Volumen, dessen Grösse ebenso wie der Sauerstofftransfer von den Mediumseigenschaften und den Betriebsparameter beeinflusst wird. Die genaue Grösse des stofftransportaktiven Volumens liess sich mit der vorhandenen Messtechnik nicht bestimmen.

Das untersuchte reale Vergleichssystem mit *Xanthomonas campestris* eignet sich nicht als Testsystem.

Die Vor- und Nachteile des TORUS-Bioreaktors sind in einer abschliessenden Beurteilung zusammengefasst.

Vorteile

1. Bezogen auf den Sauerstofftransfer ist der Energiebedarf des TORUS in allen untersuchten Medien 30 - 50% geringer verglichen mit dem kompakten Schlaufenreaktor (COLOR) und dem klassischen Rührkessel. Die Sauerstoffeintragseffizienzen (E) sind demzufolge recht hoch, erreichen aber nicht die Werte der Strahlschlaufen- und Airliftreaktoren.

2. Es gibt keine Totzonen, das heisst das gesamte Flüssigvolumen wird durchmischt. Der Einsatz von schäumenden Medien ist somit möglich.

3. Hochviskose Systeme können auch ohne spezielle Rührerkonstruktion gut gehandhabt werden.

4. Bei geometrischer Vergrößerung ergibt sich keine wesentliche Zunahme des hydrostatischen Druckes verglichen mit anderen Schlaufenreaktoren und dem klassischen Rührkessel.

Nachteile

1. Ein Nachteil des TORUS ist die in niedrigviskosen Medien auftretende Schwallströmung, die eine überdimensionierte Motorenauslegung verlangt und die gesamte Reaktorkonstruktion mechanisch stark belastet.

2. Für grosse Reaktorkonstruktionen ergibt sich ein grosser Flächenplatzbedarf.

6. Summary

The horizontal loop reactor (TORUS) was tested with respect to its biological performance with variation of the operating parameters and the media properties. The criteria, oxygen transfer rate and biomass productivity, required characterization with standardized biological test systems. The specific power input and the aeration rate were varied systematically. The media properties were changed from non-foaming to foaming and to high viscous by adding xanthan gum. The strictly respiratory yeast *Trichosporon cutaneum* was grown in synthetic glucose medium and used as test system. Also *Xanthomonas campestris* which produces xanthan gum was grown in the TORUS-bioreactor for evaluation its feasibility as a realistic, viscous test system.

In order to correlate the fluid dynamic behaviour and the biological performance, mixing times, circulation rate and gas hold up were measured using physical methods (for instance the measurement of the fluorescence) in biological media.

The biological tests showed a correlation between oxygen transfer rate, the specific power input and the superficial gas velocity, independent of the media properties:

$$\text{OTR} = u (P/V)^y (w_{SG})^w$$

The maximum oxygen transfer rate reached with foaming systems were $6.9 \text{ kg m}^{-3} \text{ h}^{-1}$ at 6.5 kW m^{-3} power input and $6.4 \times 10^{-2} \text{ m s}^{-1}$ superficial gas velocity. The non-foaming medium showed 28 % lower values with 10% higher filling degree. In high viscous systems (3% xanthan gum, $\eta = 2.8 \text{ Pa s}$ at $D = 28.8 \text{ s}^{-1}$) the oxygen transfer rate was up to 40 times lowered. The influence of the superficial gas velocity on the oxygen transfer is not as big as the influence of the specific power input, especially for high viscous systems (> 1% xanthan gum). The TORUS-bioreactor showed good performance in high viscous media, due to the high ratio D_p/D_a , comparable to stirred

tank reactors with a special stirrer construction.

The hydrodynamic results showed a correlation between the flow pattern, the power input and the biological performance. One of these correlations showed that the media properties did influence the oxygen transfer region, even its respective volume could not be exactly determined.

The used bio-system of *Xanthomonas campestris* is not suitable as a test system.

The advantages and disadvantages of the TORUS construction are summarized below:

Advantages

1. If the oxygen transfer is compared, the TORUS showed 30 - 50% lower energy consumption than the compact loop reactor and the stirred tank reactor. Only the airlift reactor and the jet loop reactor showed a better oxygen efficiency.
2. The complete filling-volume is well mixed through the whole reactor. That means no "dead-zone" occurs and therefore foaming systems can be handled.
3. High viscous media can be handled without any special stirrer design.
4. Compared to other designs of loop- or stirred tank reactors, the scale up of the TORUS doesn't result in high hydrodynamic pressures at the bottom of the reactor.

Disadvantages

1. The most significant disadvantage of the TORUS-bioreactor is certainly the resulting slug-flow in low viscous media, requiring an oversized motor construction.
2. For larger-scale constructions, the utilized area will be increased.