

DISS. ETH Nr. 6111

UNTERSUCHUNGEN ZUR ABHÄNGIGKEIT DER PHYTOSOZIOLOGIE
VON FLIESSGEWÄSSERN VON IHRER ENERGIEBILANZ

ABHANDLUNG

zur Erlangung

des Titels eines Doktors der Naturwissenschaften der

EIDGENOESSISCHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE ZUERICH

Vorgelegt von

WERNER EMIL EDELMANN

dipl. Natw. ETH,

geboren am 11. Juli 1949,

von Muolen, SG.

Angenommen auf Antrag von

Prof. Dr. K. WUHRMANN, Referent

Prof. Dr. PH. MATILE, Korreferent

1978

ZUSAMMENFASSUNG:

- 1 Der Energiehaushalt von Fließgewässern wurde im Freiland in künstlichen Gerinnen mit der "upstream-downstream"-Methode nach ODUM [25] gemessen. Der Sauerstoffhaushalt der Phytozönosen konnte exakt bestimmt werden, da mittels einer durchsichtigen Kunststoffolie der Gasaustausch zwischen Wasser und Atmosphäre unterbunden wurde. Die Aufstellung einer Kohlenstoffbilanz ermöglichte eine unabhängige Überprüfung der Resultate des Energiehaushaltes.
- 2 Die von WUHRMANN 1974 aufgestellte Hypothese, wonach das Verhältnis von verfügbarer Strahlungsenergie zur Zufuhr von gelösten chemischen Energieträgern die phototrophen, bzw. heterotrophen Anteile an der Biomasseproduktion bestimmen, konnte verifiziert werden. Bei ungefähr gleicher Grösse der Zufuhr an Strahlungsenergie und der Zufuhr an gelösten chemischen Energieträgern wurden bei rund 15°C Wassertemperatur vergleichbare Produktionsanteile beobachtet. Unter bestimmten Bedingungen können allerdings weitere Parameter die relativen Grössen der Produktionsanteile beträchtlich beeinflussen. Der praktischen Anwendung der Beziehung zwischen Energieverteilung und relativen Produktionsanteilen stehen in einem natürlichen Gewässer Probleme der Mess- und Berechnungsmethodik gegenüber.
- 3 In einer Fließwasserphytozönose verlässt ein grosser Anteil der Biomasseproduktion den Aufwuchsort als Abtrieb. Im Extremfall kann der Abtrieb bis zu über 80% der in der Biomasseproduktion gebundenen Energiemenge enthalten. Ein Zusammenhang zwischen Nährstoffversorgung und Abtriebsverhalten konnte nachgewiesen werden.
In heterotrophen Phytozönosen ist der überwiegende Teil der abtreibenden Partikel kleiner als 100 µm. Dieser mikroskopische Abtrieb ist während der Besiedlungsphase am grössten. Eine generelle Tendenz zum Rückgang des feinen Abtriebs mit zunehmender stehender Biomasse wurde beobachtet. Ein Einfluss von atmosphärischen Bedingungen auf das Abtriebsverhalten konnte nicht nachgewiesen werden. Ein Zusammenhang zwischen Zellteilungsaktivität und Abtrieb von makroskopischen Partikeln ist wahrscheinlich.

- 4 Bei tiefen Sauerstoffkonzentrationen um $3 \text{ mgO}_2/\text{l}$ erfolgte die Oxidation des zudosierten Zuckers durch die Heterotrophen nicht mehr vollständig aerob. Die Biomasseproduktion bezogen auf den aufgenommenen Kohlenstoff war entsprechend kleiner als bei vollständig aerober Oxidation. Die Sauerstoffzehrung blieb in den phototrophen und heterotrophen Phytozöosen während der ganzen Nacht konstant. Die Zugabe von 2‰ Rohabwasser kann die Sauerstoffzehrung einer phototrophen Phytozönose verdoppeln und einen nicht zu vernachlässigenden Beitrag an die Biomasseproduktion leisten. Die Entwicklung von phototrophen Phytozöosen wurde bei Zugabe von 2‰ Rohabwasser, bzw. von anorganischen Nährstoffen beschleunigt. Unter knappen Lichtbedingungen wurde die maximale stehende Biomasse durch die Nährstoffzugabe nicht entscheidend gefördert.
- 5 Die Rinnen stellen ein sehr geeignetes System zur Ermittlung der maximalen Ausbeuten der CO_2 -Assimilation durch Photosynthese dar. Fließwasserphytozöosen weisen eine bessere Ausnutzung der verfügbaren Lichtenergie auf als die übrigen Ökosysteme des Wassers und des Landes. Bis zu annähernd 10% der über Wasser als Globalstrahlung einfallenden Energiemenge oder 20% der unter Wasser am Ort der Photosynthese effektiv verfügbaren Energiemenge der Strahlung in den photosynthetisch wirksamen Wellenlängen zwischen 400 und 700nm können durch Photosynthese fixiert werden. Bis zu über 60% der fixierten Energiemenge können sich in der produzierten Biomasse wiederfinden. Unter optimalen Bedingungen können durch Fließwassermikrophyten bis zu 5% der über Wasser einfallenden Globalstrahlungsmenge, bzw. 10% der unter Wasser verfügbaren Energiemenge nutzbarer Wellenlängen in der Biomasse gebunden werden. Die maximale Ausbeute der CO_2 -Assimilation durch Photosynthese ist damit höher als bisher angenommen.
- 6 Das Rinnensystem eignet sich zur Bestimmung der maximalen Quantenausbeute der Photosynthese. Erstaunlich hohe durchschnittliche Quantenausbeuten wurden im Rinnenperiphyton gemessen. An lichtarmen Tagen lag die Ausbeute übereinstimmend mit dem theoretisch ermittelten Wert um 0,125. Auch in einer alten Phytozönose mit Zerfallserscheinungen wurde eine hohe Quantenausbeute und eine grosse Photosyntheseaktivität beobachtet.

ABSTRACT:

Energy fluxes through microphytic communities were measured in artificial outdoor channels. Precise oxygen balances could be established by excluding the gas exchange between air and water.

The sociology of the phytocenoses developing at various input ratios of chemical and radiant energy confirmed earlier findings on the correlation of these parameters. A more detailed understanding of the sociological development of a river biocenosis requires, however, the consideration of additional ecological factors.

Up to more than 80% of the energy fixed and converted into biomass was leaving the system as drift (mostly microscopic).

The maximum phototrophic use of incident light was more efficient than assumed so far: Up to 20% of the light energy of photosynthetic active wavelengths was fixed in photosynthesis. Up to more than 60% of fixed energy was converted into biomass. Up to 5% of the energy of global radiation on the water surface may be converted into biomass. The in situ quantum yield was found to be around 0,125 O₂/quantum at low light intensities.