

**Kurzbeschreibung:**

- Das Felsenbad Pottenstein wurde von einem konventionell betriebenen Freibad in ein Naturbad mit biologisch-mechanischer Aufbereitung umgebaut und 2001 in Betrieb genommen. Zur langfristigen Erhaltung der Betriebssicherheit von Naturbädern sowie Schwimm- und Badeteichanlagen ist zusätzlich zur behördlichen Hygieneüberwachung die Erfassung der Gewässerökologie notwendig. Aus diesem Grund entschieden sich die Wasserwerkstatt Bamberg, die Stadt Pottenstein und der Förderverein des Felsenbades Pottenstein, das vom Planungsbüro KLS konzipierte gewässerökologische Untersuchungsprogramm durchzuführen. Mit der Erstellung einer Ökologischen Leistungsbilanz kann die Wirksamkeit des Reinigungssystems des Naturbades dokumentiert werden.

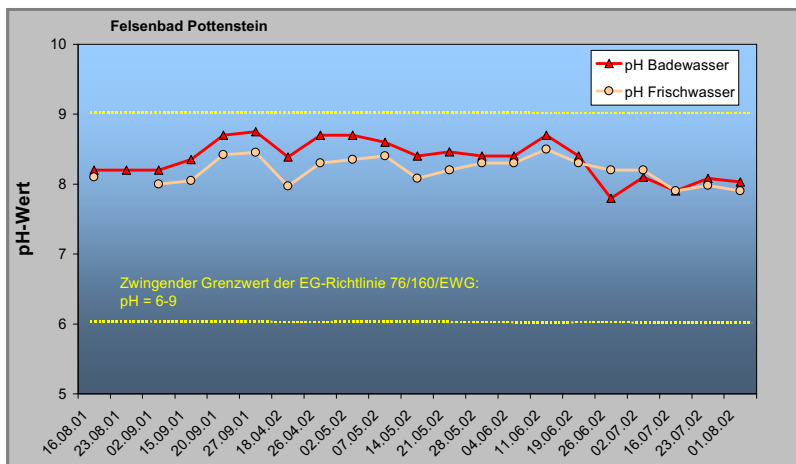
**Leistungen:**

- Untersuchung der gewässerökologischen Vorgänge im System des Naturbades
  - Ausarbeitung eines Untersuchungskonzeptes
  - Koordination der Probenahmen; Anleitung von Personen vor Ort zur selbständigen Durchführung der Probenahmen
  - Auswertung der Daten aus der behördlichen Hygieneüberwachung und der zusätzlich erhobenen gewässergüterrelevanten Parameter
  - Erstellung einer ökologischen Leistungsbilanz: Bewertung des Gesamtsystems des Naturbades anhand mikrobiologischer und gewässerökologischer Parameter
- 

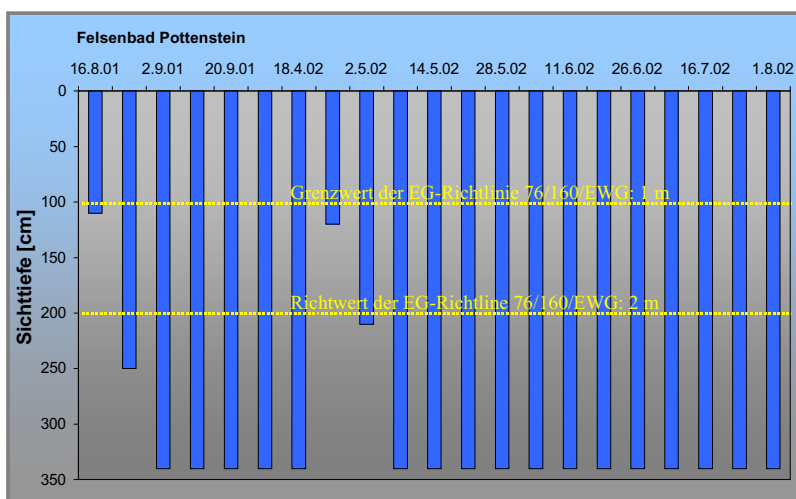


**Tabelle 1:** Technische Kenndaten des Felsenbades Pottenstein

Naturschwimmbad	
Gesamtfläche (inkl. Regenerationsbereich)	1.630 m <sup>2</sup>
Schwimmbereich	815 m <sup>2</sup>
maximale Wassertiefe	3,80 m
Wasservolumen	2.445 m <sup>3</sup>
Wasserumwälzung	10,6 l/s
Grundablass	3,3 m tief
maximale Frischwasserzufuhr in Badesaison	12 m <sup>3</sup> / d
Regenerationsbereich	
Gesamtfläche	815 m <sup>2</sup>
maximale Wassertiefe	1,50 m
Pflanzenfilter im Regenerationsbereich	
Gesamtfläche	160 m <sup>2</sup>
Beschickung	150 l/min
theoretische Wasserumwälzung	11,3 Tage



**Abbildung 1:** Ein wichtiger gewässerökologischer Indikator ist der pH-Wert. Bei pH-Werten <6 und >9 können beim Badenden Hautirritationen auftreten. Im Felsenbad Pottenstein wurden in der Badesaison 2001 und 2002 die Grenzwerte für den pH-Wert ausnahmslos eingehalten.



**Abbildung 2:** Die Sichttiefe (Transparenz) gibt Auskunft über gewässerökologische Prozesse. Die Einhaltung der Grenz- oder Richtwerte ist für die Sicherheit des Badegastes bedeutend. Im Felsenbad Pottenstein wurden in der Badesaison 2001 und 2002 der Grenzwert und meist sogar der Richtwert für die Sichttiefe ausnahmslos eingehalten.

Das **Felsenbad Pottenstein** wurde von einem technischen Bad in ein **Naturbad** umgebaut (Tabelle 1). Im Gegensatz zu konventionellen Bädern müssen Natur-bäder als Ökosysteme angesprochen werden, in denen die gleichen Prozesse wie in natürlichen stehenden Gewässern ablaufen. Die **Wasserqualität** ist daher außer von der **Hygiene** auch von der **Gewässerökologie** abhängig. Um die Belastungen abzubauen, die durch die Badegäste in das Wasser eingetragen werden, wird das Wasser in Regenerationsbereichen aufbereitet. Durch diese natürliche Wasseraufbereitung wird das Ökosystem stabilisiert.

Da absolute Stabilität jedoch in keinem Ökosystem anzutreffen ist, müssen Naturbäder regelmäßig auf Abweichungen vom **geforderten Ist-Zustand** (hygienisch einwandfreies und sauberes, klares Wasser) hin überprüft werden. Dies geschieht einerseits mit der hygienischen Überwachung des Wassers auf **Indikator-keime** wie *Escherichia coli*, Fäkalstreptokokken und *Pseudomonas aeruginosa*. Auf der anderen Seite stehen **gewässerökologische Indikatoren** wie Phosphor, Phytoplankton (Schwebalgen) und Zooplankton (z.B. Wasserflöhe). Weitere wichtige Gewässergüteparameter in Naturbädern sind die Sichttiefe, der Sauerstoffgehalt, der pH-Wert und das Puffervermögen des Wassers (Säurekapazität).

Da es für **Naturbäder** noch keine bundeseinheitliche Verordnung gibt, orientiert sich das Felsenbad Pottenstein - hinsichtlich der Anforderungen an die Wasserqualität derzeit z.T. an den Grenzwerten (Zwingende Werte) der „EG-Richtlinie des Rates vom 8.12.1975 über die Qualität der Badegewässer“ sowie an weiteren mikrobiologischen und gewässerökologischen Indikatoren.

### Ergebnisse Felsenbad Pottenstein (Badesaison 2001 und 2002)

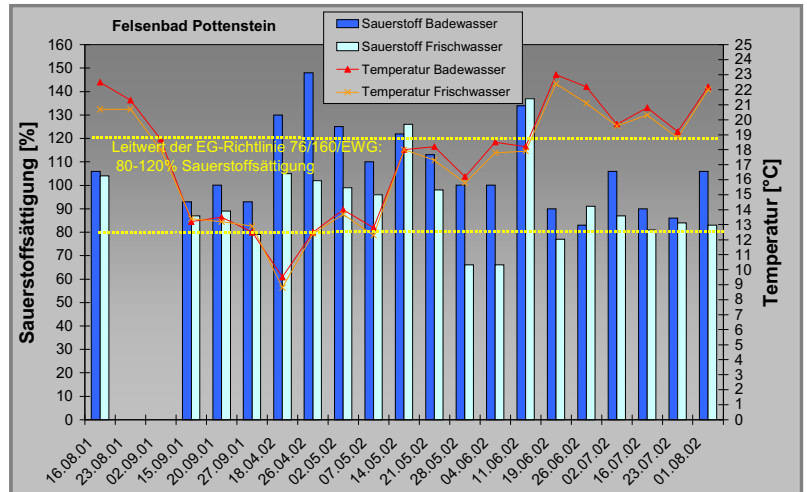
Im Felsenbad Pottenstein wurden im ersten und zweiten Betriebsjahr (2001 und 2002) die EU-Grenzwerte für den **pH-Wert** und die **Sichttiefen** ausnahmslos eingehalten (Abbildung 1 und Abbildung 2).

Der **Sauerstoffgehalt** des Badewassers lag überwiegend im Bereich der EU-Leitwerte. Im Frühjahr 2002 waren die Werte erhöht (Sauerstoffübersättigung), da zu diesem Zeitpunkt eine starke Entwicklung fädiger Algen stattgefunden hatte. Die Algen wurden von den Badbetreibern abgefischt, woraufhin die Sauerstoffsättigung wieder sank (gesättigter Bereich). Im Laufe der Badesaison hat sich der Sauerstoffgehalt wieder auf den geforderten Leitwert zwischen 80 - 120% eingependelt.

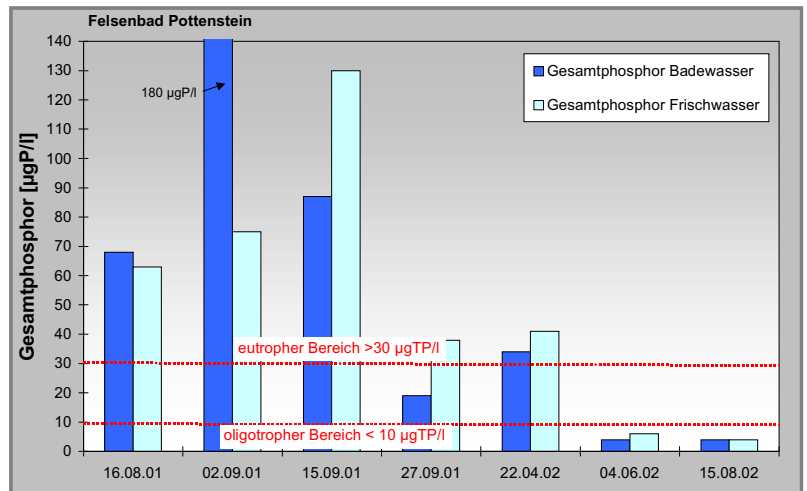
Die Massenentwicklung der fädigen Grünalgen im April 2002 ist in engem Zusammenhang mit den hohen **Phosphorgehalten** zu sehen. In der Badesaison 2001 lagen die Gesamtposphorkonzentrationen auf einem sehr hohen Niveau. Teilweise war die P-Konzentration im Frischwasser sogar höher als im Beckenwasser, was darauf hindeutete, dass der Regenerationsbereich zu Zeiten hoher Belastung seiner Funktion als Phosphor-Senke nicht mehr gerecht wurde.

Auch zu Beginn der Badesaison 2002 lagen die Phosphorkonzentrationen noch im eutrophen Bereich (Abbildung 4), was die Massenentwicklung von Algen gefördert hat. Infolge der Algen-Abfischung und Erhöhung der Filtrierleistung im April 2002 wurde ein Großteil des Phosphors aus dem Wasser eliminiert. Die Phosphor-konzentrationen lagen danach im oligotrophen Bereich und es trat keine weitere Massenentwicklung von fädigen Algen auf. Das Felsenbad Pottenstein befindet sich momentan von der Trophie her in einem optimalen Zustand.

Zur Beurteilung der **hygienischen Situation** wurden im Felsenbad Pottenstein 14-tägig die folgenden mikrobiologischen Parameter untersucht: Gesamtcoliforme Bakterien, Fäkalcoliforme Bakterien und Fäkalstreptokokken. In der Badesaison 2001 wurden zudem *Pseudomonas aeruginosa* und *Legionella pneumophila* untersucht (Tabelle 2). In der Badesaison 2001 kam es kurzfristig zu einer nennenswerten Belastung mit fäkalcoliformen und gesamtcoliformen Bakterien sowie mit Fäkalstreptokokken. In der Badesaison 2002 waren dagegen keine mikrobiellen Belastungen zu verzeichnen. Im Kinderplanschbecken kam es gegen Ende Juni einmalig zu einer Leitwert-überschreitung von Fäkalstreptokokken.



**Abbildung 3:** Der Sauerstoffgehalt im Gewässer dient als Indikator für die sauerstoffproduzierenden (Produktion, hpts. durch Algen) und sauerstoffverbrauchenden (Konsumtion, z.B. durch Bakterien) Prozesse. Die Sauerstoffübersättigung im Felsenbad Pottenstein ist eine Folge der hohen Phosphorgehalte und der starken Algenentwicklung gewesen.



**Abbildung 4:** Mit Hilfe des Phosphorgehaltes lässt sich die trophische Situation eines Gewässers ermitteln. Das angestrebte Ziel für das Felsenbad Pottenstein ist ein oligotropher bis mesotropher Zustand, was in der Badesaison 2002 erreicht wurde.

**Tabelle 2:** Qualitätsanforderungen an das Felsenbad Pottenstein gemäß der EG-Richtlinie (76/160/EWG) und gemäß des bayrischen Gesundheitsamtes.

Mikrobiologische Parameter	Leitwert	Zwingender Wert
Gesamtcoliforme Bakterien pro 100 ml	500	10.000
Fäkalcoliforme Bakterien pro 100 ml	100	2.000
Streptococcus faec. pro 100 ml	100	-
Pseudomonas aeruginosa pro 100 ml	-	0
Legionella pneumophila pro 1 ml	-	0



**Abbildung 5:** Planktische (freischwebende) Gewässerorganismen, die auch im Felsenbad Pottenstein vorkommen. Die Planktonorganismen werden als Indikatoren für die Wasserqualität herangezogen. Fotos von oben nach unten: *Ankyra spec.*, *Scenedesmus spec.*, *Brachionus spec.*, *Bosmina coregoni*

Die **Planktonbiozönose** (im Wasser freischwebende Kleinstorganismen) spiegelt die gewässerökologische Situation wider. Da Biologie und Lebensansprüche von vielen Organismen weitgehend bekannt sind, können die Organismen als Qualitätsindikatoren für das Gewässer herangezogen werden.

Das **Felsenbad Pottenstein** ist aus gewässerökologischer Sicht ein sehr junges Gewässer, in dem sich noch kein stabiles ökologisches Gleichgewicht eingestellt hat.

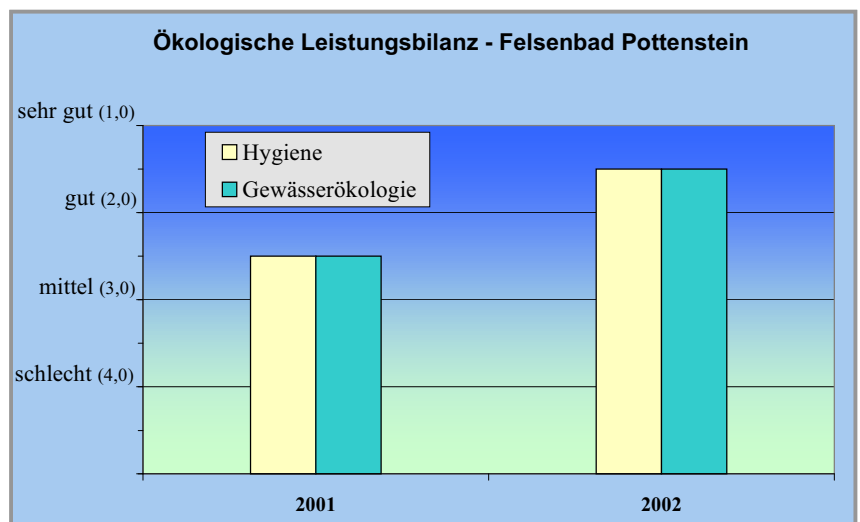
Dies war besonders an der geringen Artenzahl in der ersten Badesaison 2001 zu erkennen. Für so junge Gewässer ist dann auch eine plötzliche Massentwicklung einer Algenart – insbesondere fädige Grünalgen – bei hoher Phosphorbelastung typisch.

Im **Phytoplankton** dominierten in der Badesaison 2001 einzellige Grünalgen der Gattungen *Ankyra* und *Scenedesmus* (siehe Abbildung 5).

Im **Zooplankton** waren hauptsächlich mikroskopisch kleine Krebse und Rädertiere vertreten (siehe Abbildung 5), die eine wichtige Funktion in einem Gewässerökosystem haben, da sie sich hauptsächlich von Algen ernähren und somit einen großen Einfluss auf die Entwicklung der Algen ausüben.

### Ökologische Leistungsbilanz

Aus den gewässerökologischen und hygienischen Parametern lässt sich eine ökologische Leistungsbilanz für Naturbäder aufstellen. Für das Felsenbad Pottenstein ergab sich in der ersten Badesaison 2001 eine ökologische Leistungsbilanz von mittel - gut (Qualitätsindex 2,5). In der zweiten Badesaison im Jahr 2002 hatte sich die Situation durch verschiedene Maßnahmen verbessert. Die ökologische Leistungsbilanz für die Badesaison 2002 kann als gut - sehr gut (Qualitätsindex 1,5) angesehen werden (Abbildung 6).



**Abbildung 6:** Bewertung der Gewässerqualität des Naturbades Pottenstein anhand einer ökologischen Leistungsbilanz (KLS, 2001 u. 2002). Die ökologische Leistungsbilanz ergibt sich aus verschiedenen gewässer-ökologischen und hygienischen Parametern.