

# 30 Jahre NADUF

Eine Zwischenbilanz

ADRIAN JAKOB, PAUL LIECHTI, EVA BINDERHEIM-BANKAY



A. JAKOB

## 1. NADUF-Konzeption

Die «Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer» (NADUF) wird seit Beginn der siebziger Jahre gemeinsam durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL), die Eidgenössische Anstalt für Wasserversorgung, Abwasserreinigung und Gewässerschutz (EAWAG) und das Bundesamt für Wasser und Geologie (BWG) betrieben. Mit dem Projekt NADUF werden Grundlagen zur Beurteilung des gegenwärtigen Zustandes der Fliessgewässer wie auch von mittel- und langfristigen Veränderungen geliefert. Zudem werden Daten als Basis zur Erforschung von Prozessen und Stoffkreisläufen in Gewässern erhoben. Das Messnetz dient ebenfalls als Basisinfrastruktur für ergänzende Projekte in den Bereichen Wissenschaft und Vollzug.

An ausgesuchten Stationen des Messnetzes des BWG werden dazu sowohl ein langfristiges Monitoring an Basisstationen wie auch projektorientierte Untersuchungen in Testgebieten durchgeführt. Basisstationen haben internationale Bedeutung und werden langfristig und ohne Unterbruch, weitere Stationen hingegen intermittierend betrieben. Entsprechend den Zielsetzungen werden dabei unterschiedliche Stoffquellen, Einzugsgebiete und Parametergruppen in der rollenden Projektplanung berücksichtigt.

Das 1972 gestartete Projekt «Nationale Daueruntersuchung der schweizerischen Fliessgewässer», NADUF, hat die kontinuierliche, lückenlose Erfassung physikalischer und chemischer Parameter zum Ziel. Auf Grund einiger beispielhafter Darstellungen werden verschiedene positive Entwicklungen der Inhaltstoffe unserer Fliessgewässer erläutert. Diesen Erfolgen steht eine eher negative Entwicklung der Wassertemperaturen gegenüber.

### 30 ans d'activité – programme NADUF

Mis sur pied en 1972, le programme NADUF (Surveillance nationale en continu des cours d'eau suisses) a pour objectif l'étude suivie des paramètres physiques et chimiques. A partir de quelques exemples pertinents, il s'agit de montrer l'évolution positive de certains facteurs, par opposition à la courbe plutôt négative des températures dans les cours d'eau.

### 30 Years of NADUF – an Interim Balance

The NADUF project (National Long-Term Surveillance of Swiss Rivers) initiated 1972 was intended to monitor continuously and comprehensively the physical and chemical parameters. Taking a few typical examples, various positive developments affecting the substances carried by our rivers and streams are presented. Contrasting these successes is the rather negative trend of the water temperatures.

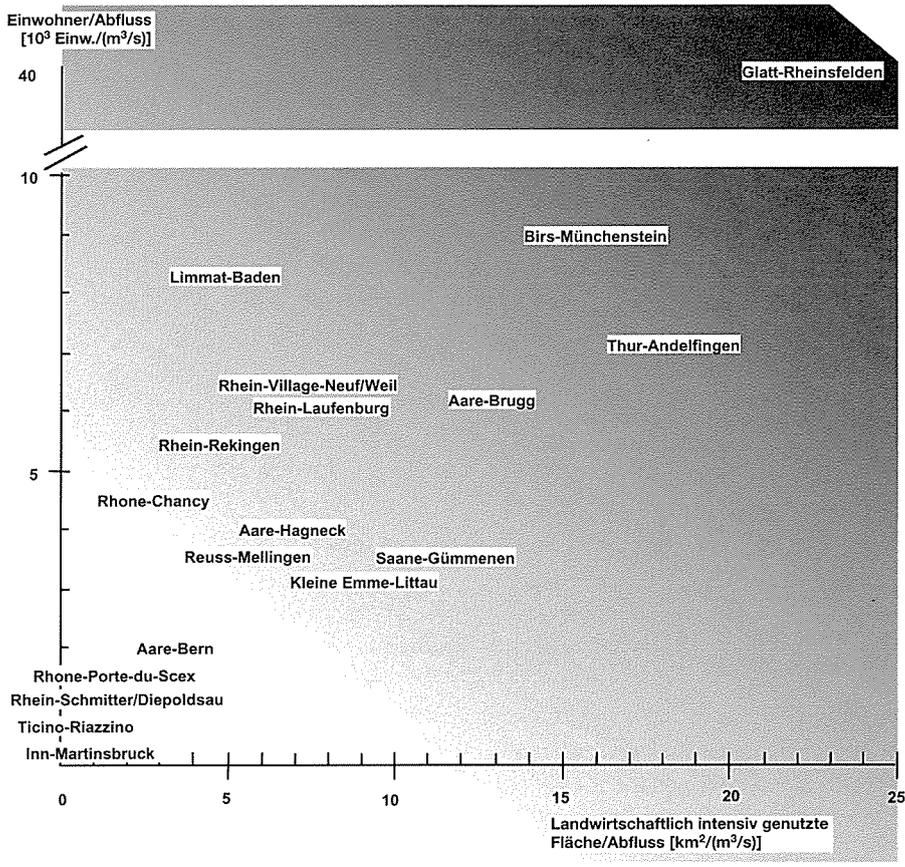
## 2. Messprogramm

An 19 für die Schweizer Fliessgewässer repräsentativen Stellen werden chemisch-physikalische Daten erhoben. Die Standorte der NADUF-Messstationen wurden mit dem Ziel festgelegt, alle Abflüsse aus der Schweiz, die Hauptzuflüsse der grossen Seen und verschiedene Höhenlagen der Einzugsgebiete von alpin bis Mittelland zu erfassen. Zusätzlich werden stark und schwach anthropogen belastete und deshalb aus Sicht des Gewässerschutzes interessante Stellen gemessen (Abb. 1) [7]. Die mit Messelektroden kontinuierlich erhobenen physikalischen Parameter umfassen Pegelstand respektive Abfluss, Temperatur, elektrische Leitfähigkeit, pH und Sauerstoff. Verschiedene chemische Parameter wie Gesamthärte, Karbonathärte, gesamte ungelöste Stoffe, Calcium, Kalium, Natrium, Magnesium, Sulfat, Kieselsäure, Chlorid, Orthophosphat, Gesamt-Phosphor, Nitrat, Gesamt-

Stickstoff, gelöster organischer Kohlenstoff, gesamter organischer Kohlenstoff, Blei, Kupfer, Zink, Cadmium, Chrom und Nickel werden in 14-tägigen Sammelproben bestimmt. In der Rhone oberhalb des Genfersees und im Rhein bei Basel wird im Rahmen internationaler Kommissionen zusätzlich Quecksilber gemessen. Seit dem Bestehen der NADUF werden alle chemischen Parameter im gleichen Labor analysiert, womit konsistente Messreihen sichergestellt sind. Die Dauer und der Umfang des Messprogrammes werden für jede Station je nach aktuellem Bedarf seitens des Gewässerschutzes und der Wissenschaft flexibel festgelegt.

## 3. Datenverfügbarkeit

Die NADUF-Daten werden jährlich im Hydrologischen Jahrbuch publiziert. Zudem können sie auf dem Internet ([www.naduf.ch](http://www.naduf.ch)) eingesehen werden. Dies sichert den Datenzugang für die



**Abb. 1** Typisierung der im Rahmen der NADUF untersuchten Fließgewässer bzw. Fließgewässerabschnitte nach spezifischer Abwasserbelastung und Belastung aus der Landwirtschaft.

Behörden, die Öffentlichkeit und private Fach- und Forschungsstellen und fördert die Zusammenarbeit und Koordination mit anderen schweizerischen Monitoringprogrammen, Vollzugsbehörden und Forschungsstellen. Ein umfassender Grundlagenbericht zu NADUF ist im Jahr 2000 erschienen [4]. Darin wird das Projekt ausführlich erläutert. Die einzelnen NADUF-Stationen und deren Einzugsgebiete werden bezüglich ihrer Morphologie und Hydrologie wie auch bezüglich der anthropogenen Nutzung umfassend beschrieben. Mit zahlreichen Grafiken wird die langjährige Entwicklung (1977 bis 1998) der untersuchten Fließgewässer an den einzelnen Messstationen aufgezeigt. Des Weiteren werden die einzelnen Stationen aufgrund ihres Abflussregimes und ihrer anthropogenen Belastung typisiert und anhand der Messergebnisse der physikalischen und chemischen Parameter charakterisiert.

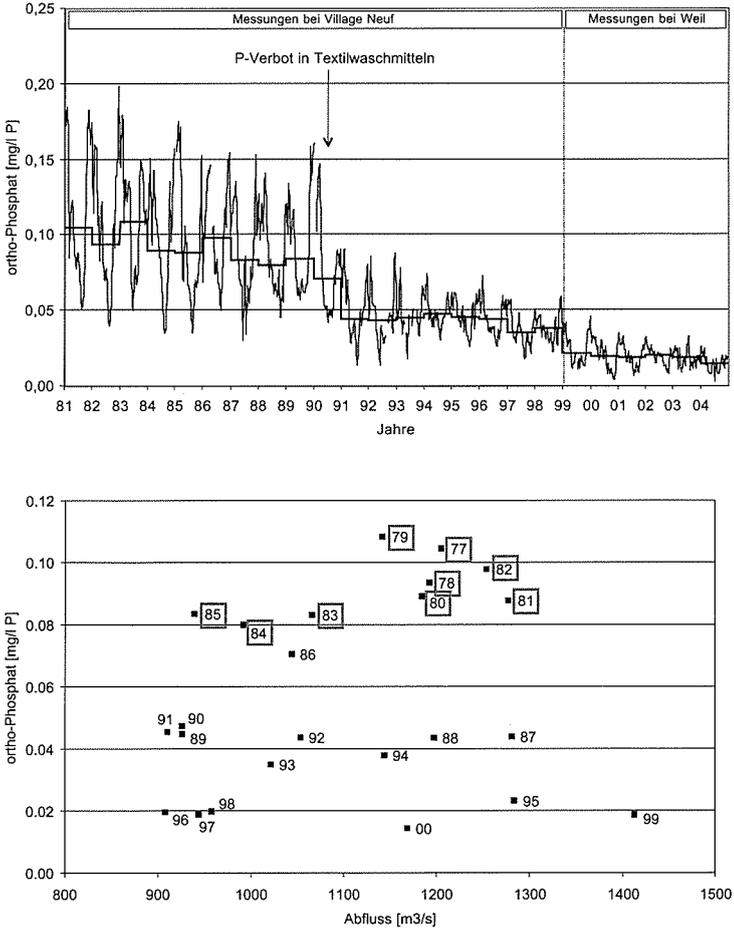
**4. Rückblick**

Die Auswirkungen verschiedener Gewässerschutzmassnahmen werden nach-

folgend beispielhaft dargestellt. Die Resultate werden mit Hilfe von zwei unterschiedlichen Diagrammtypen illustriert: einerseits qualitativ anhand der Konzentrationsverläufe genannter Parameter, wie sie umfassend für alle Stationen publiziert sind [4], andererseits quantitativ anhand unterschiedlicher Abflussverhältnisse in den verschiedenen Jahren. Weil die Wasserführung mit Verdünnungseffekten gekoppelt ist, spielt diese eine entscheidende Rolle für die Stoffkonzentrationen im Fluss. Nur Konzentrationsänderungen bei vergleichbaren Abflussverhältnissen lassen auch auf eine Belastungsänderung schliessen.

**4.1 Nährstoffe**

Die Phosphatkonzentrationen haben im Verlauf der NADUF-Messreihe deutlich abgenommen, auch unter Berücksichtigung der unterschiedlichen Abflussverhältnisse (Abb. 2). Das Phosphatverbot für Textilwaschmittel ab dem Jahr 1986 sowie der Ausbau der Kläranlagen (quantitativ und qualitativ) zeigen Wirkung: Die Phosphatkonzentrationen haben im Rhein bei Basel um die Hälfte abgenommen. Die weitere Entwicklung zeigt nur noch einen schwachen Kon-



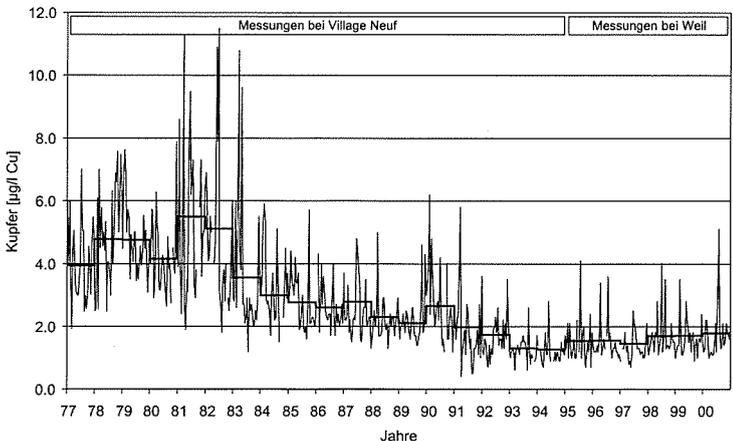
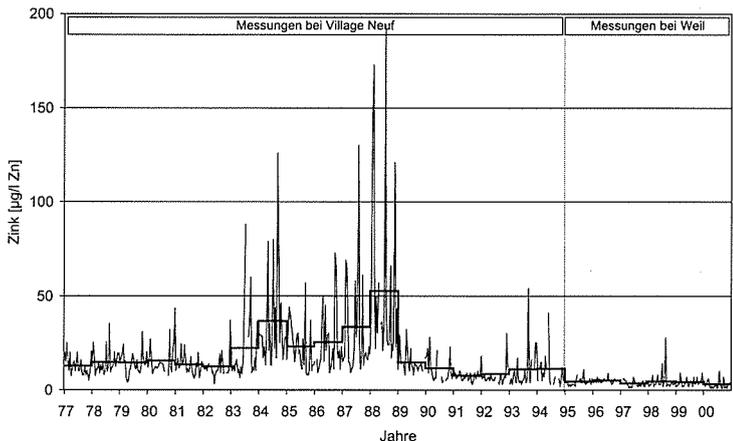
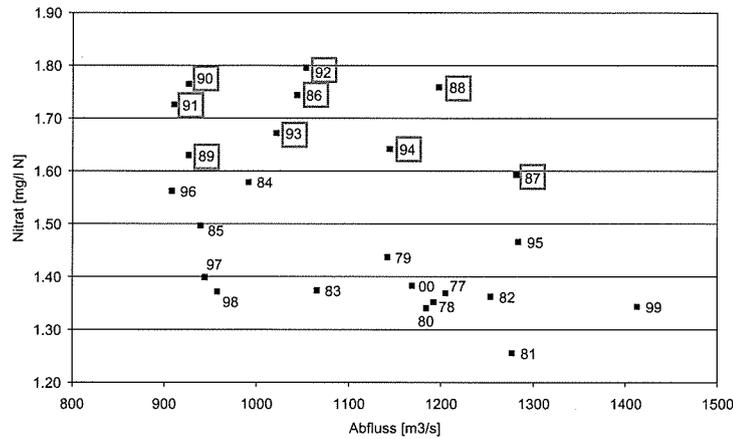
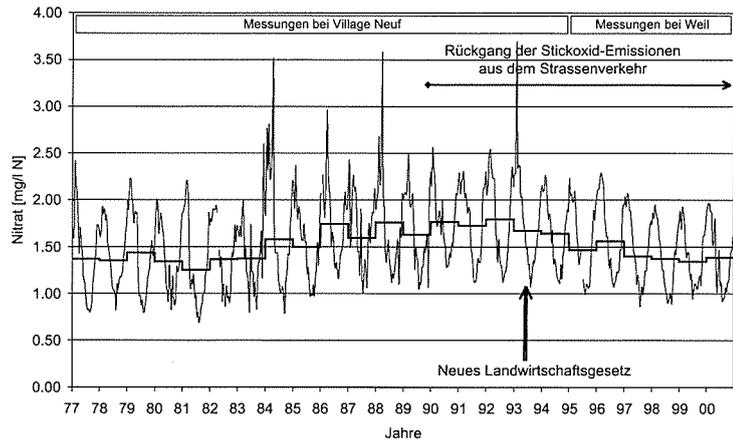
**Abb. 2** Orthophosphatkonzentrationen und frachtgewogene Konzentrationsjahresmittelwerte im Rhein bei Basel, einerseits im zeitlichen Verlauf und andererseits in Abhängigkeit der Abflussjahresmittelwerte. Die dünne Kurve repräsentiert die Werte der 14-tägigen Sammelproben; die fette Kurve zeigt die frachtgewogenen Jahresmittelwerte; die eingerahmten Datenpunkte zeigen die Jahre vor dem Phosphatverbot.

zentrationsrückgang. Die Reduktion von 1996 ist im Wesentlichen auf die Verlegung der Station von Village-Neuf nach Weil a. R. zurückzuführen [1].

Die Nitratkonzentrationen stiegen bei den anthropogen belasteten Gewässern (Einwohnerdichte und Anteil intensive Landwirtschaft) in den 80er Jahren an. In den 90er Jahren stagnierten sie und sanken zum Teil wieder in unterschiedlichem Ausmass. Maximale Werte wurden zwischen 1986 und 1994 beobachtet (Abb. 3). Die Erhöhung der Belastung kann nebst dem Bevölkerungswachstum hauptsächlich auf die bis 1993 intensivierte Landwirtschaftspraxis zurückgeführt werden. Weniger ins Gewicht fallen dürfte der Ausbau von Kläranlagen mit Nitrifikationsstufen, die keine Stickstoffverminderung ergeben, sondern den  $\text{NO}_3$ -Anteil am Gesamtstickstoff erhöhen. Die Nitrifikation in Kläranlagen hat zum Ziel, Ammonium- oder Nitritkonzentrationen unterhalb der Einleitung in den Vorfluter zu verringern. Die seit 1993 beobachtbare Stabilisierung könnte mehrere Gründe haben: Ökologisierung in der Landwirtschaft und in geringerem Mass der Rückgang der Stickstoffdepositionen aus der Luft seit Ende der 80er Jahre [3].

#### 4.2 Schwermetalle

Es werden die Gesamtkonzentrationen gemessen, welche die gelösten und die an Partikel gebundenen Metalle beinhalten. Weil Schwermetalle eine grosse Affinität zur Bindung mit Partikeln aufweisen, treten die Spitzenkonzentrationen der Metalle meist mit Spitzen der Schwebstoffe bzw. bei Hochwasser auf. Die Gesamtkonzentrationen von Zink und Kupfer zeigen eine Abnahme Ende der 80er Jahre (Abb. 4), die wahrscheinlich auf die verbesserte Reinigung der Industrieabwässer und optimierte Prozessabläufe zurückzuführen ist. In den 90er Jahren blieben die Zink- und Kupferkonzentrationen jedoch sehr stabil und zeigten keine weiteren abnehmenden Tendenzen, weil diese Substanzen flächendeckend eingesetzt werden (Dachentwässerung, Wasserleitungen, Zusatzstoffe bei der Schweinemast) und aufgrund der zunehmenden Besiedlung eine hohe diffuse Belastung darstellen. Die Reduktion der Zinkkonzentrationen von 1996 ist im Wesentlichen auf die Verlegung der Station von Village-Neuf nach Weil a. R. zurückzuführen [1]. Im Vergleich zu den Gehalten im Rhein unterhalb von Basel sind die Zink- und

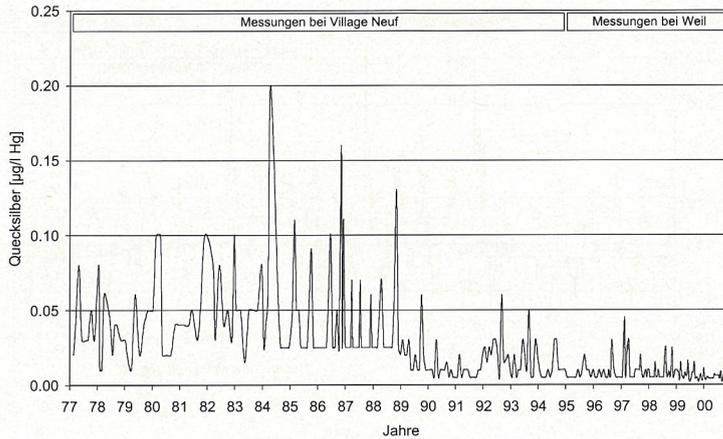


**Abb. 3** Nitratkonzentrationen und frachtgewogene Konzentrationsjahresmittelwerte im Rhein bei Basel, einerseits im zeitlichen Verlauf und andererseits in Abhängigkeit der Abflussjahresmittelwerte. Die dünne Kurve repräsentiert die Werte der 14-tägigen Sammelproben; die fette Kurve zeigt die frachtgewogenen Jahresmittelwerte; die Datenpunkte der Jahre 1986–1994 sind speziell gekennzeichnet.

**Abb. 4** Zink- und Kupferkonzentrationen und frachtgewogene Konzentrationsjahresmittelwerte im Rhein bei Basel im zeitlichen Verlauf. Die dünne Kurve repräsentiert die Werte in den unfiltrierten 14-tägigen Sammelproben; die fette Kurve zeigt die frachtgewogenen Jahresmittelwerte.

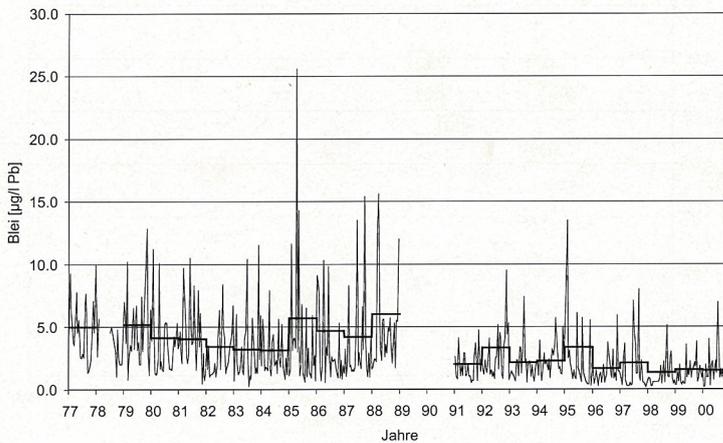
**Abb. 5**

Quecksilberkonzentrationen in den unfiltrierten 14-tägigen Sammelproben im Rhein bei Basel im zeitlichen Verlauf.



**Abb. 6**

Bleikonzentrationen und frachtgewogene Konzentrationsjahresmittelwerte in der Glatt bei Rheinsfelden im zeitlichen Verlauf. Die dünne Kurve zeigt die Werte in den unfiltrierten 14-tägigen Sammelproben; die fette Kurve zeigt die frachtgewogenen Jahresmittelwerte.



Kupferkonzentrationen bei Basel jedoch eher gering und liegen im Bereich internationaler Vorgaben.

Die Gesamtkonzentrationen von Quecksilber gehen seit Ende der 80er Jahre ebenfalls deutlich und stetig zurück (Abb. 5). Dabei ist zu beachten, dass die Nachweisgrenze durch verbesserte Analytik herabgesetzt wurde, was zwar auf die Jahresmittelwerte, nicht aber auf die Spitzenkonzentrationen einen Einfluss haben kann. Die Verminderung der Quecksilberkonzentrationen ist auf verschiedene Massnahmen in der

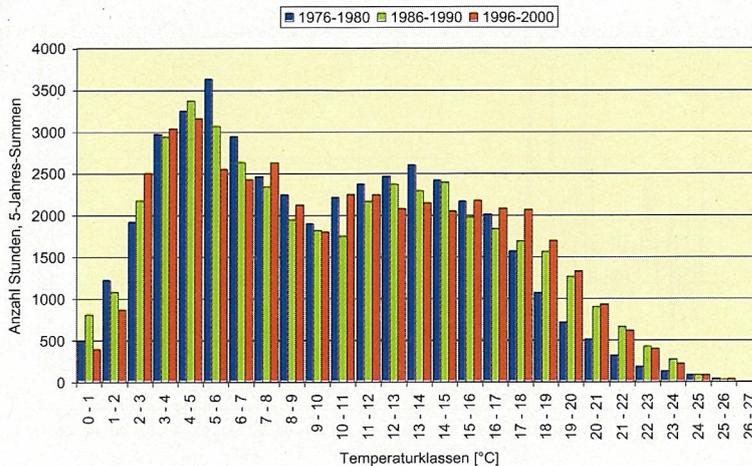
Industrie und im Gewerbe zurückzuführen.

Die Gesamtkonzentrationen von Blei gingen nach 1989 deutlich zurück. Wahrscheinliche Ursache ist der Rückgang des Verbrauches an bleihaltigem Benzin seit der Einführung des Katalysators. Nach Angaben des BUWAL [2] haben die Bleiemissionen aus dem Strassenverkehr zwischen Anfang der 70er Jahre und 1996 um rund 90 % abgenommen.

Sehr ausgeprägt ist dieser Rückgang der Bleikonzentrationen in der Glatt

**Abb. 7**

Während drei Fünfjahresperioden aufsummierte Anzahl Stunden der gemessenen, klassierten Wassertemperaturen in der Thur bei Andelfingen.



(Abb. 6). Diese fliesst durch stark besiedeltes Gebiet (Siedlungsanteil im Einzugsgebiet: 24 %) und widerspiegelt die Auswirkungen von Massnahmen im Siedlungsgebiet besonders markant.

### 4.3 Wassertemperatur

Längerfristige Zeitreihen der Wassertemperaturen ausgewählter Stationen zeigen seit 1954 eine Temperaturzunahme. Im Rhein bei Basel beispielsweise beträgt sie mehr als 2 °C [6]. Die Jahresmittelwerte der Wassertemperatur im Rhein bei Basel in den letzten 13 Jahren (1988–2000) lagen unabhängig von der Wasserführung über 12 °C und damit deutlich höher als in den Jahren zuvor. Diese zeitliche und vom Abfluss unabhängige Entwicklung konnte auch in weiteren Gewässern im Mittelland festgestellt werden. Mehrere Einflüsse wie Klimaänderung, Einleitung von erwärmtem Wasser, Veränderungen im Abflussregime (beispielsweise durch Stauhaltungen und Drainagen) tragen zu dieser Entwicklung bei. Wie gross die Beiträge der einzelnen Ursachen zur Temperaturerhöhung sind, kann nur mittels detaillierter Messungen oder modellorientierter Abschätzungen bestimmt werden.

Für die Flora und Fauna in den Gewässern sind jedoch nicht Mittelwerte über eine gewisse Zeit massgebend. Entscheidend ist vielmehr die Dauer der Stresssituationen durch erhöhte Temperaturen. Je länger ein Organismus erhöhten Temperaturen ausgesetzt ist, desto anfälliger reagiert er auch auf andere Stressfaktoren. Die Datenauswertungen zeigen, dass die jährliche Dauer der hohen Temperaturen deutlich zugenommen hat.

Betrachtet man in der Thur bei Andelfingen – mit einem mittelländischen Einzugsgebiet ohne zusätzliche Einflüsse durch oberliegende Seen oder Gletscher – die 5-Jahres-Perioden 1976–1980, 1986–1990 und 1996–2000, nimmt die Anzahl Stunden mit gemessenen Temperaturen in den Bereichen 4–7 °C und 11–15 °C ab, wogegen diejenige im Bereich über 17 °C deutlich zunimmt (Abb. 7). Sowohl die Abnahme der Stunden mit tiefen Temperaturen wie deren Zunahme im Bereich über 17 °C erzeugen eine Erhöhung der Jahresmittelwerte. Dem wirkt die Abnahme im Bereich 11–15 °C entgegen, da diese Temperaturen über den Jahresmittelwerten liegen. Bei den durchschnittlichen Jahresverläufen stellt man mit

Ausnahme der Monate Februar/März fest, dass die Daten der Jahre 86–90 und 96–00 tendenziell überall oberhalb derjenigen der Jahre 76–80 liegen (Abb. 8). Es scheint, dass im Frühling, d. h. in den Monaten April und Mai, der Temperaturanstieg gegenüber den früheren Jahren rascher erfolgt und der darauf folgende leichte sommerliche Anstieg bis in den August hinein verlängert ist. Die 5-Jahres-Mittelwerte stiegen von 9,9 °C (76–80) über 10,3 °C (86–90) auf 10,5 °C (96–00).

#### 4.4 Sauerstoffgehalt

Für die Lebewesen im Gewässer bedeutet eine hohe Temperatur speziell dann eine Stresssituation, wenn gleichzeitig der Sauerstoffgehalt reduziert ist. NADUF deckt bei der Station Andelfingen die erste in Kapitel 4.3 betrachtete Periode nicht ab. Die Differenzen der Perioden 86–90 und 96–00 zeigen jedoch eine deutliche Zunahme der Sauerstoffkonzentrationen speziell in den Wintermonaten (Abb. 9).

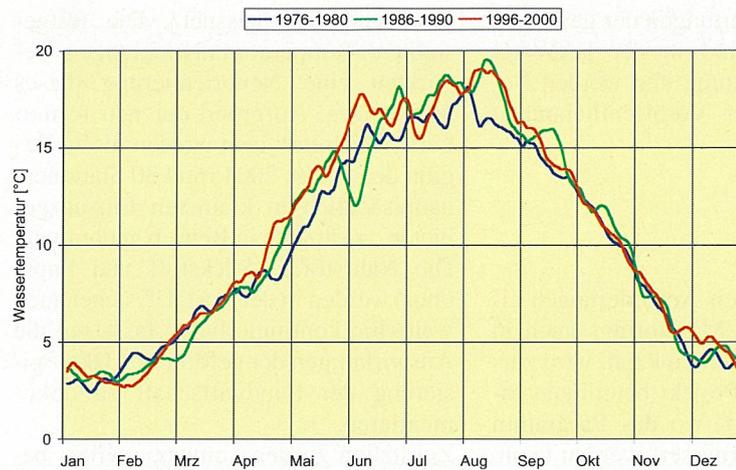
Mit der Berechnung der Sauerstoffsättigung wird der von der Temperatur abhängige Anteil der Sauerstoffgehalte im Jahresverlauf eliminiert. Im Durchschnitt erhöhte sich die Sauerstoffsättigung zwischen den Perioden 86–90 und 96–00 von 97 % (10,5 mg/l) auf 101 % (10,9 mg/l). In der ersten Periode lag die Sättigung noch während längerer Zeitperioden deutlich unter 100 %. Ende der 90er Jahre war die Situation speziell in den Wintermonaten deutlich besser (Abb. 9). Dies ist hauptsächlich auf Massnahmen im Abwasserbereich zurückzuführen. So verbesserte sich beispielsweise auch die Orthophosphatfracht zwischen den beiden Perioden im Mittel von 5,3 g P/s (1986–90) auf 2,8 g P/s (1996–2000).

In den von NADUF untersuchten Mittellandgewässern, bei denen Temperaturerhöhungen feststellbar sind, können keine ausgeprägten Sauerstoffmangelzustände beobachtet werden.

#### 5. Folgerungen

Die Resultate aus dem Messprogramm NADUF dienen der Erweiterung des Verständnisses der in einem Fließgewässer ablaufenden Prozesse wie auch der Erfolgskontrolle im Gewässerschutz.

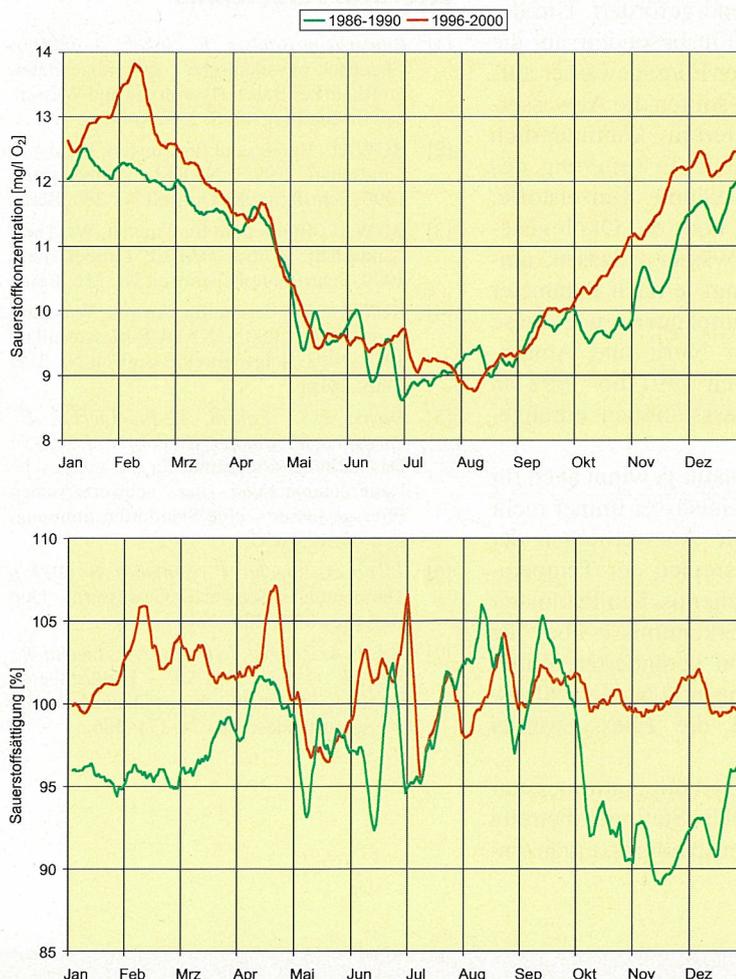
Der Ausbau der Kläranlagen mit der Phosphatfällung und das im Jahr 1986 in



**Abb. 8** Während drei Fünfjahresperioden im Mittel gemessene Wassertemperaturen in der Thur bei Andelfingen. Dargestellt sind Temperaturtagessmittelwerte, über jeweils sieben Tage gleitend gemittelt.

Kraft getretene Phosphatverbot für Textilwaschmittel zeigte sich vollumfänglich in den Daten der NADUF. Weitere Umweltschutzmassnahmen, die sich positiv auf die Inhaltsstoffe der Gewässer auswirkten und mit der NADUF erfasst werden konnten, waren die Einführung des Katalysators 1985 und der damit verbundene Rückgang des Verbrauches an bleihaltigem Benzin und die Verringerung der Stickstoffemissionen aus der

Luft sowie auch die Förderung der ökologischen Landwirtschaft seit 1993 mit der Ökobeitragsverordnung im Landwirtschaftsgesetz. Gestützt auf die NADUF-Daten konnten Erkenntnisse über das Verhalten von Nährstoffen, geochemischen Parametern und Schwermetallen in Fließgewässern gewonnen werden, insbesondere was ihre Abhängigkeiten von Abfluss und Temperatur betrifft [5, 7]. Weitergehende wissen-



**Abb. 9** Während zwei Fünfjahresperioden im Mittel gemessene Sauerstoffkonzentrationen respektive berechnete Sauerstoffsättigungen in der Thur bei Andelfingen. Dargestellt sind Tagesmittelwerte, über jeweils sieben Tage gleitend gemittelt.

schaftliche Auswertungen der gesamten NADUF-Daten sind in der EAWAG zurzeit in Bearbeitung und werden Bestandteil künftiger Veröffentlichungen sein.

## 6. Ausblick

Damit NADUF den Anforderungen eines erfolgreichen Monitorings auch in Zukunft gerecht werden kann, wird zurzeit von den am Projekt beteiligten Institutionen geprüft, wo das Programm erweitert bzw. verbessert werden kann. Dabei ist das Ziel, Kenntnisse über Einflussfaktoren zu erweitern und neue Forschungsbereiche zu öffnen.

Neben der Belastung durch Abwasser und durch intensive Landwirtschaft stellen technische Eingriffe wie Ufer- und Sohlenverbauungen sowie Eindolungen eine Gefährdung unserer Fließgewässer dar. Der Schutz der Flussläufe als wertvolle und verbindende Landschaftselemente wird dank dem 1991 erneuerten Gewässerschutzgesetz und der 1998 in Kraft getretenen neuen Gewässerschutzverordnung in Zukunft an Bedeutung gewinnen. Revitalisierungen und Renaturierungen werden in Gesetz und Verordnung zunehmend gefördert. Um deren Auswirkungen insbesondere auf die Selbstreinigung der Fließgewässer aufzeigen zu können, sollten die Abwasserinhaltsstoffe weiterhin kontinuierlich erfasst werden. Eine Erweiterung des Analysenfensters könnte Einzelstoffe, welche Aussagen über die Ökologisierung der Fließgewässer zulassen, umfassen. Dies bedingt je nach Parameter spezielle Messkampagnen, wie diese beispielsweise für Nitrit und Ammonium in den Jahren 1991 bis 1998 an verschiedenen Messstationen durchgeführt wurden [4].

Die Klimaproblematik gewinnt auch für den Lebensraum Gewässer immer mehr an Bedeutung. Die Auswertungen der langjährigen Messreihen der Temperaturen und der geochemischen Parameter werden weitere Erkenntnisse über die Auswirkungen von veränderten Witterungs-, Temperatur- und Niederschlagsverhältnissen auf die Fließgewässer bringen.

Neben den Wassertemperaturmessungen bei den NADUF-Stationen betreibt das BWG ein eigenständiges, ergänzen-

des Temperaturmessnetz. Die festgestellten Temperaturentwicklungen bewirkten eine Neuorientierung dieses Messnetzes. Aufgrund der neu formulierten Zielsetzungen werden bis zu Beginn des Jahres 2004 rund 30 Stationen, hauptsächlich in kleineren Einzugsgebieten, zusätzlich in Betrieb genommen. Die Nährstoffe (Stickstoff und Phosphor) werden in der NADUF sicher auch weiterhin kontinuierlich erfasst, um die Auswirkungen der geförderten Ökologisierung der Landwirtschaft zu dokumentieren.

Zusätzlich zu den konventionellen, belastenden Stoffen gewinnen heute auch organisch-synthetische Produkte, spezifische Schadstoffe, Substanzen mit endokriner Wirkung und Medikamente in unseren Gewässern immer mehr an Bedeutung. Das Vorkommen dieser Substanzen und deren ökologische Auswirkungen sind mit der bisherigen NADUF-Methodik (14-Tages-Sammelproben) schlecht erfassbar. Um das Prozessverständnis zu fördern, müssten neue, für dieses Problem geeignete Konzepte erarbeitet werden.

## Literaturverzeichnis

- [1] *Binderheim-Bankay, E., Jakob, A.* (2000): Chemisch-physikalische Inhomogenitäten im Rhein bei Basel. Hydrologie und Wasserbewirtschaftung 44, S. 2–9, Koblenz.
- [2] BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 1997: NABEL Luftbelastung 1996. Schriftenreihe Umwelt Nr. 286, Bern.
- [3] BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2000a: NABEL Luftbelastung 1999. Schriftenreihe Umwelt Nr. 316, Bern.
- [4] BUWAL, Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft, 2000b: NADUF-Messresultate 1977–1998. Schriftenreihe Umwelt Nr. 319, Bern, 241pp.
- [5] *Davis, J. S., Fahrni, H.-P., Liechti, P., Spreafico, M., Stadler, K., Zobrist, J.* (1985): Das nationale Programm für die analytische Daueruntersuchung der schweizerischen Fließgewässer – eine Standortbestimmung. gwa 65, 123–135.
- [6] *Jakob, A., Liechti, P., Schädler, B.* (1996): Temperatur in Schweizer Gewässern – Quo vadis? gwa 76, 288–294.
- [7] *Jakob, A., Zobrist, J., Davis, J. S., Liechti, P., Sigg, L.* (1994): NADUF – Langzeitbeobachtung des chemisch-physikalischen Gewässerzustandes. gwa 74, 171–186.

## Verdankungen

Die vorliegende Publikation wäre ohne die zuverlässige, sorgfältige und unterstützende Arbeit im Feld, in der Datenbearbeitung und Datenauswertung nicht möglich gewesen. Die Autoren danken deshalb allen beteiligten Mitarbeitenden des BWG, der EAWAG und des BUWAL.

## KEYWORDS

*Fließgewässer – Langzeituntersuchungen – Wasserqualität – Wassertemperatur*

## ADRESSE DES AUTORS

Adrian Jakob  
Dr. phil. nat., Biologe  
Bundesamt für Wasser und Geologie  
3003 Bern-Ittigen  
Tel. 031/324 76 71, Fax 031/324 76 81  
E-Mail: adrian.jakob@bwg.admin.ch

### Co-Autoren:

Paul Liechti  
Dr. phil. nat., Chemiker  
E-Mail: paul.liechti@buwal.admin.ch

Eva Binderheim-Bankay  
Dr. sc. nat. ETH  
Umweltnaturwissenschaftlerin  
E-Mail: binderheim@cyberlink.ch