

Umweltforschungsplan des Bundesministeriums für
Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit

Abschlussbericht

F&E Vorhaben FKZ 299 24 274

Dokumentation von Zustand und Entwicklung der wichtigsten Seen Deutschlands

Teil 10

Baden-Württemberg

von

Prof. Dr. Brigitte Nixdorf

Dipl.-Ing. Mike Hemm

Dipl.-Biol. Anja Hoffmann

Dipl.-Ing. Peggy Richter

Brandenburgische Technische Universität Cottbus

Lehrstuhl Gewässerschutz

IM AUFTRAG

DES UMWELTBUNDESAMTES

Inhaltsverzeichnis

1	Beschreibungen der einzelnen Gewässer.....	4
1.1	Bodensee	4
1.1.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	4
1.1.2	Topographie und Morphometrie.....	5
1.1.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	6
1.1.4	Flora und Fauna	7
1.1.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	8
1.2	Fedensee.....	10
1.2.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	10
1.2.2	Topographie und Morphometrie.....	11
1.2.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	11
1.2.4	Flora und Fauna	11
1.2.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	12
1.3	Illmensee	13
1.3.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	13
1.3.2	Topographie und Morphometrie.....	13
1.3.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	13
1.3.4	Flora und Fauna	14
1.3.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	15
1.4	Mindelsee	16
1.4.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	16
1.4.2	Topographie und Morphometrie.....	16
1.4.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	17
1.4.4	Flora und Fauna	17
1.4.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	17
1.5	Rohrsee	18
1.5.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	18
1.5.2	Topographie und Morphometrie.....	19
1.5.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	19
1.5.4	Flora und Fauna	20
1.5.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	21
1.6	Schluchsee	23
1.6.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	23
1.6.2	Topographie und Morphometrie.....	23
1.6.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	23
1.6.4	Flora und Fauna	24
1.6.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	24
1.7	Schmiechener See.....	25
1.7.1	Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	25
1.7.2	Topographie und Morphometrie.....	26
1.7.3	Chemische und trophische Charakteristik des Sees	26
1.7.4	Flora und Fauna	27
1.7.5	Nutzung, anthropogener Einfluss.....	28

1.8 Titisee	29
1.8.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie	29
1.8.2 Topographie und Morphometrie.....	29
1.8.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees	29
1.8.4 Flora und Fauna	30
1.8.5 Nutzung, anthropogener Einfluss.....	30
2 Abbildungsverzeichnis	31
3 Tabellenverzeichnis	32
4 Literatur	33

1 Beschreibungen der einzelnen Gewässer

1.1 Bodensee

1.1.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Bodensee liegt im Südwesten von Deutschland im Dreiländereck Deutschland, Österreich, Schweiz. Er besteht aus zwei miteinander verbundenen Teilseen, dem Obersee auf einer Höhe von 395,45 mNN mit dem geographischen Koordinaten R 3530000, H 5276000 und dem Untersee auf einer Höhe von 394,7 mNN mit dem geographischen Koordinaten R 3500200, H 5282000. Beide bestehen wiederum aus folgenden Teilen mit unterschiedlicher Charakteristik: der Obersee mit dem Obersee und dem Überlinger See; der Untersee mit der Konstanzer Trichter/Bucht, dem Rheinsee, dem Zeller See und dem Gnadensee. Ober- und Untersee sind durch den etwa 4 km langen Seerhein miteinander verbunden. Die alte Konstanzer Rheinbrücke markiert die Grenze; danach wird der Seerhein zum Untersee gezählt.

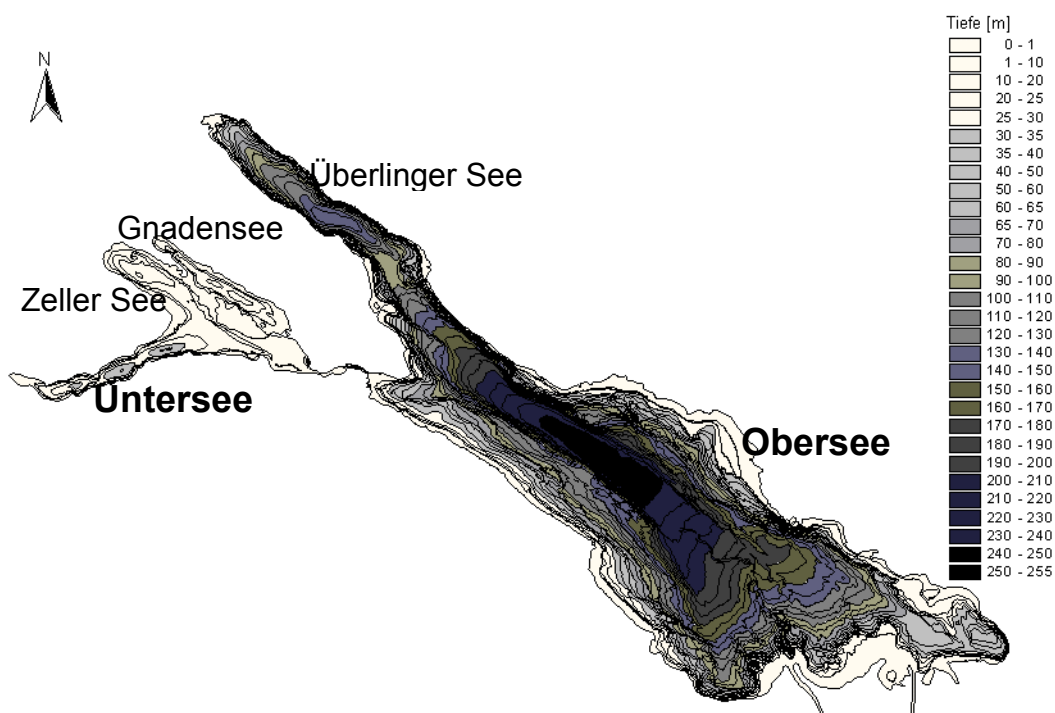


Abb. 1: Tiefenkarte des Bodensees (Hofmann 2001)

Der Bodensee liegt in der hügeligen Moränenlandschaft des Alpenvorlandes. Das durch Verwerfungen und Brüche im späten Tertiär vorgeformte Gelände wurde durch den aus dem oberen Rheintal vorstoßenden Gletscher überformt. Moränenbänder in der Uferlandschaft des westlichen Seeteils lassen ihre schürfende Wirkung erkennen.

Die Fläche des Gesamteinzugsgebietes beträgt 1.1487,9 km². Haupteinzugsgebiet ist das des Alpenrheins. Von der Fläche des Gesamteinzugsgebietes gehören 46 % zur Schweiz, 24 % zu Deutschland und 20 % zu Österreich.

48 % der Flächen des Einzugsgebietes werden landwirtschaftlich genutzt. Sie untergliedern sich in 21 % Weiden, 20 % Grünland und 6 % Ackerbau. 18 % der Flächen werden nicht genutzt.

Das Gesamteinzugsgebiet weist Höhenunterschiede zwischen 3.418 mNN und 395 mNN auf. Dabei liegen mehr als 50 % des Einzugsgebietes über 1.500 mNN. Die Höhenlage bedingt, dass Niederschläge im Winter dort weitgehend als Schnee und Eis gebunden bleiben und erst im Frühjahr zum Abfluss in den See gelangen. Die Folgen sind Seespiegelschwankungen, die im langjährigen Mittel 1,6 m betragen, doch im Extrem erheblich darüber liegen, da der Seespiegel nicht reguliert wird. Rund 90 % der Wassermenge fließen aus dem schweizerisch - österreichischen Teil des Einzugsgebietes dem See zu. Abgesehen vom alpinen Bereich ist dieser Einzugsgebietsteil mit Wald bewachsen. Die freien Flächen werden in der Regel intensiv als Acker- und Weideland genutzt.

Der deutsche Teil des Einzugsgebietes liegt im hügeligen Jungmoränengebiet mit starker landwirtschaftlicher Nutzung. Der wichtigste Zufluss mit einer mittleren jährlichen Wassermenge von 8.262 Mio. m³ ist der Alpenrhein. Alle übrigen Zuflüsse (Abb. 2) sind hydrologisch weit weniger bedeutend.

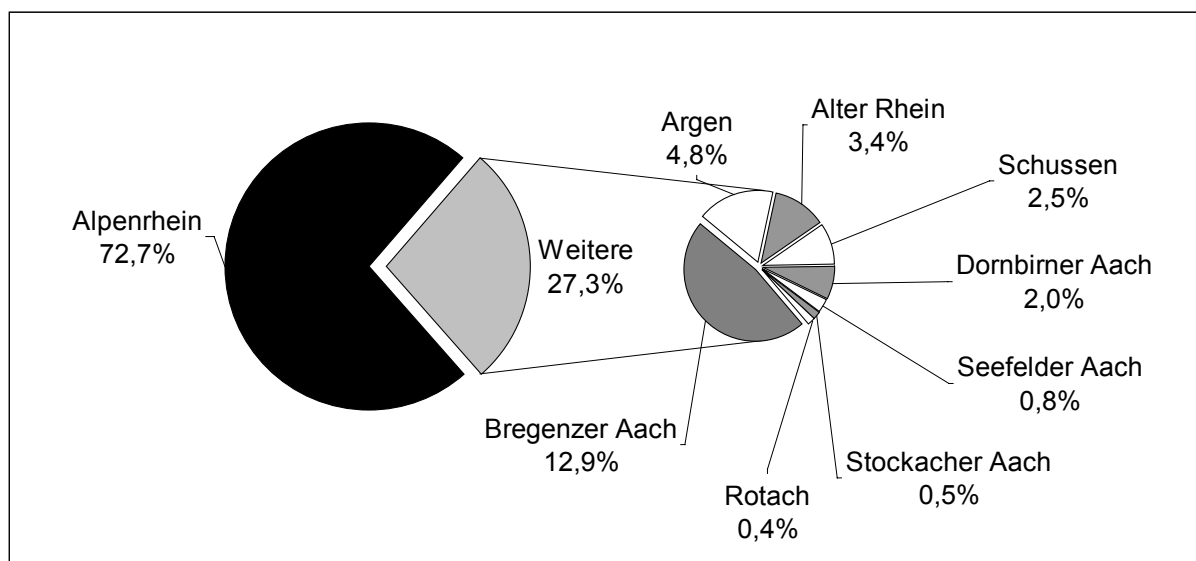


Abb. 2: Zuflüsse des Bodensees mit ihren jährlichen prozentualen Wasseranteilen (Wessels 1998)

Der in den östlichen Teil des Sees einmündende Rhein durchfließt das Seebecken zeitweise als weitgehend geschlossener Strom. Bei Konstanz ist der Abfluss des Bodensee-Obersees. Nach kurzer Fließstrecke wird der (dort so genannte) Seerhein zum Hauptzufluss des Bodensee-Untersees. Einige kleinere Zuflüsse münden aus westlicher Richtung in diesen. An der gesamten zufließenden mittleren jährlichen Wassermenge beträgt ihr Anteil jedoch nur etwa 3 %. Durch Versickerung von Wasser aus dem Donaueinzugsgebiet und unterirdisches Ausstreichen erreicht den See auch Wasser aus dem südlichen Schwarzwald.

1.1.2 Topographie und Morphometrie

Der Bodensee ist flächen-, volumen- und tiefenmäßig der größte See in Deutschland. Er ist sehr stark gegliedert und weist sehr unterschiedlich tiefe Becken auf. Seine größte Länge erstreckt sich von Nordwesten nach Südosten (Abb. 1). Der Obersee stellt ein glazial überformtes Zungenbecken mit einer maximalen Tiefe von 254 m dar, während der Untersee ein mehrgliedriges Becken mit einer maximalen Tiefe von 46 m ist (Tab. 1).

Tab. 1: Topographie und Morphometrie des Bodensees (OS – Obersee, US – Untersee, GS – Gesamtsee) (Wessels 1998) & (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

	V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [km]	B _{eff} [km]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
OS	47708	500,0	254	95,4	63	14	2,3	15,7	16,2	4,3
US	814	71,5	46	11,6					16,1	0,075
GS	48522	571,5	254	84,9	63	12	3,2	15,8	16,0	4,2

1.1.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Der Obersee ist mono- bis holomiktisch. Der Untersee weist ein di- bis monomiktisches Mischungsverhalten auf.

Während der Vollzirkulationsperiode im März/April beträgt die HCO₃⁻ Konzentration des gesamten Bodensees im Mittel 2,5 mmol/l, so dass der See zu den kalkreichen Gewässern gezählt werden kann.

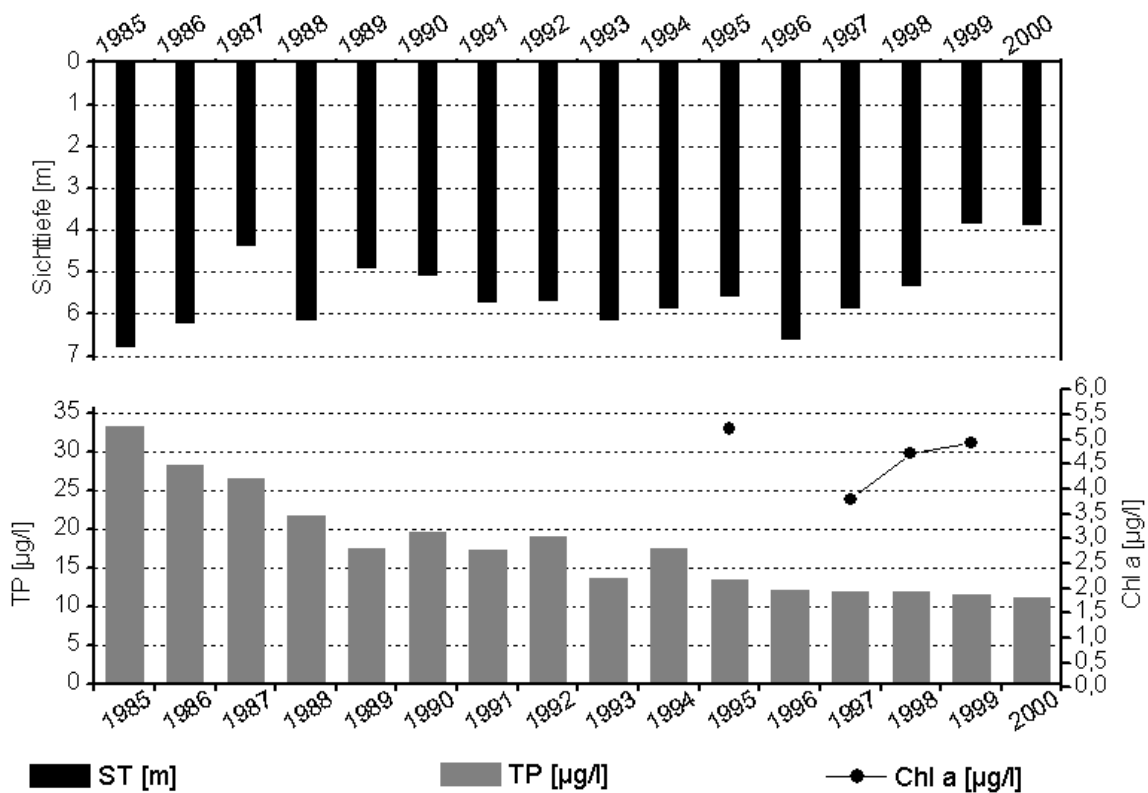


Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Bodensee, Obersee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober), (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

Seit Beginn der 1950er Jahre stieg die Zufuhr des Pflanzennährstoffs Phosphor und führte zu einer raschen Eutrophierung des Sees. Der Gesamtphosphor im Obersee erreichte 1979 mit 79 µg/l (im Jahresmittel) sein Maximum. Durch Anstrengungen der Anliegerstaaten ist diese Konzentration wie Abb. 3 zeigt stark zurückgegangen und betrug im Vegetationsmittel des Jahres 2000 noch mesotrophe 11,15 µg/l (Tab. 2).

Im Untersee gestaltete sich dieser Trend ähnlich, doch durch die stärkere Rücklösung aus dem Sediment ist der eutrophe Charakter bis heute erhalten. Der potentielle Trophiegrad des Sees weist auf einen oligotrophen Status hin.

Die epilimnischen Chlorophyll a-Konzentrationen des Obersees betragen im Jahresmittel 4,5 µg/l. Die Sichttiefen liegen im Mittel bei 7,4 m, wobei Schwankungen zwischen 2 und 12 m auftreten. Der Obersee hat bis zum Grund Sauerstoff, doch liegen die Konzentrationen mit ca. 6 mg/l (Jahr 2000) immer noch im kritischen Bereich.

Tab. 2: Vegetationsmittelwerte (April-Oktober) chemischer und trophierelevanter Parameter des Jahres 2000, Obersee (Ausnahme TP_{Früh}: Mittelwert der Monate März und April 2000), (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

pH-Wert [-]	Leitf. [µS/cm]	Chl a [µg/l]	ST [m]	TN [µg/l]	TP [µg/l]	TP _{Früh} [µg/l]
8,6	255		3,9		11,15	14,08

Die Produktion organischer Substanz führt im Gnadensee und Zeller See zum Aufzehren des Sauerstoffs im Hypolimnion innerhalb von 6 bis 12 Wochen. Nur der vom Rheinstrom durchflossene Teil (Rheinsee) kann das relativ große Primärprodukt aerob remineralisieren.

Die Chlorophyll a-Konzentration des Untersees liegt zwischen 7,5 bis 9,5 µg/l. Die Sichttiefen des Untersees schwanken zwischen 1,2 und 6,2 m bei einem Mittel von 4,4 m.

1.1.4 Flora und Fauna

Obersee:

Das Phytoplankton bildet meist eine dreigipflige Biomassenkurve (April/Mai, Juli, September/Oktober). Das erste Maximum ist wesentlich bestimmt durch Cryptophyceen und Kieselalgen, das zweite zum überwiegenden Teil durch Kieselalgen. Grünalgen treten von Mai bis Oktober auf, Jochalgen und Blaualgen überwiegend in der zweiten Jahreshälfte. Algenblüten von Blaualgen und Fadenalgen sind seltener geworden.

Die Fauna des Litorals besteht hauptsächlich aus ca. 300 Arten wirbelloser im Wasser lebender Mesofauna, die auf mäßige Belichtung, Sauerstoffreichtum und Möglichkeiten zum Verstecken und Anheften angewiesen sind.

Im Crustaceenplankton dominieren Formen wie *Daphnia hyalina*, *D. galeata*, *Leptodora*, *Bythotrephes*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti* und *Acanthocyclops robustus*.

Die Bodenfauna besteht überwiegend aus Borstenwürmern (*Limnodrilus*- und *Tubifex*- Arten).

Im Bereich der Uferbank kommt – stellenweise gehäuft – zusätzlich die Wandermuschel *Dreissena polymorpha* seit 1968 vor.

Die Unterwasservegetation setzt sich hauptsächlich aus folgenden Arten zusammen: Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*), Umwachsenes Laichkraut (*P.*

perfoliatus), Glänzendes Laichkraut (*P. lucens*), Teichfaden (*Zannichellia palustris*). Die Eutrophierungsphase des Sees hat zu starken Verschiebungen des Artenspektrums geführt.

Untersee:

Das Phytoplankton bildet im Jahreszyklus eine zweigipflige Biomassenkurve, deren erstes Maximum im April zum größten Teil von Kieselalgen und Cryptophyceen gebildet wird. Das zweite, weniger deutlich ausgeprägte Maximum fällt in den Juli und wird durch Kieselalgen und Cyanophyceen hervorgerufen.

Massenentfaltungen von Blaualgen und Fadenalgen wie in den 1970er Jahren sind heute nur noch selten.

Die dominierenden Formen des Zooplanktons sind: *Daphnia galeata*, *D. hyalina*, *Leptodora kindti*, *Eudiaptomus gracilis*, *Cyclops vicinus*, *C. abyssorum*, *Mesocyclops leuckarti*, *Acanthocyclops robustus*. Seit 1958 fehlt *Diaphanosoma brachyurum*, seit 1963 *Heterocope borealis*.

Leitarten der Unterwasser- Vegetation sind Kammlaichkraut (*Potamogeton pectinatus*) und der Teichfaden (*Zannichellia palustris*). Breitblättrige Laichkräuter und Nixenkraut (*Najas marina intermedia*) sind in den 1960er Jahren und Anfang der 1970er Jahre fast völlig verschwunden, Armleuchteralgen (mehrere *Chara* Arten) ebenso. Seit 1982 ist die Regeneration der breitblättrigen Laichkrautbestände und eine Rückkehr der Characeen (vor allem *Chara contraria*) beobachtet worden. Die Wasserpest (*Elodea nuttallii*) ist neu aufgetreten.

Im gesamten Bodensee gibt es ca. 35 Fischarten. Einige davon sind nicht heimisch und wurden eingesetzt. Die größte Individuenzahl stellen die Cypriniden (Karpfenfische und Weißfische), die auch die meisten Arten aufweisen (17). Von den Cypriniden ist wiederum Blei/Brachsen (*Abramis brama*) am stärksten vertreten, gefolgt vom Flußbarsch (*Perca fluviatilis*). Größter Fisch ist der Wels.

Einzelne Fischarten (z.B. Kilch, Groppe, Elritze) verschwanden als Folge der Eutrophierung. Von besonderer ökonomischer Bedeutung sind Coregonenarten (Blaufelchen), Barsche und Weißfischarten.

1.1.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Der Bodensee liegt in einem Feriengebiet mit überregionaler Bedeutung. Freizeitaktivitäten auf und um den See werden von immer mehr Menschen genutzt, dabei steht der Wassersport jeglicher Art im Vordergrund.

Die gewerbliche Schifffahrt erfolgt durch Auto- und Personenfähren; daneben gibt es einen regen Freizeitverkehr durch Motorboote, Segelschiffe und andere Wasserfahrzeuge (Surfing, Paddel- und Ruderboote, etc.). Seit 1981 sind Zweitaktmotoren mit mehr als 10 PS verboten.

Die Berufs- und Sportfischerei erfreut sich einer großen Beliebtheit und deren Fangerträge stiegen ständig. In dem Zeitraum von 1956 bis 1995 wurden im Median jährlich 1.104 t Fische gefangen (Eckmann & Rösch 1998).

Der Bodensee liefert mit 5,5 m³/s (Mittelwert für 1982 – 1996) das Trinkwasser für ca. 3,5 Mio. Menschen in Baden Württemberg (besonders die Stadt Stuttgart) und besitzt damit eine wesentliche Bedeutung als Trinkwasserspeicher.

Durch hohe Investitionen der Anliegerstaaten in die Abwasserreinigung und durch die Einführung von phosphatfreien Waschmitteln sind die Phosphorkonzentrationen im Bodensee seit Ende der 1970er Jahre deutlich gesunken. Die für die Verbesserung der Gewässergüte erforderlichen Maßnahmen wurden und werden durch die Internationale Gewässerschutzkommission für den Bodensee im Rahmen ihres Bau- und Investitionsprogrammes koordiniert.

1.2 Federsee

1.2.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Federsee gehört zum Naturschutzgebiet „Federsee“, einem großen geschlossenen, naturnahen Nieder- und Übergangsmoorkomplex in Oberschwaben, rund 50 km nördlich des Bodensees gelegen.

Gleichzeitig mit der Emporwölbung und Faltung der Alpen im Tertiär entstand an deren Nordrand ein langgestrecktes Senkungsgebiet. Hier wurde der Abtragungsschutt aus den Alpen als sogenannte Molasse in mehreren hundert Metern Mächtigkeit abgelagert. Das Becken, in dem heute der Federsee und die ihn umgebende Moorlandschaft liegen, wurde im Pleistozän durch die eiszeitlichen Gletscher aus den Molasseschichten „heraus-gehobelt“. Vor allem das vorletzte Glazial, die Rißeiszeit, war hierfür entscheidend. Beim Rückzug der Gletscher wurde das weit über 100 m tiefe Becken mit Sedimentschichten nahezu aufgefüllt. Zurück blieb ein nach Süden entwässerndes Tal. In der jüngsten Eiszeit (Würm) endete der Hauptvorstoß der Gletscher direkt südlich des Federseegebietes und riegelte es nach Süden ab, so dass ein geschlossenes Becken entstand. Während der letzten Eiszeit bildete sich in diesem Becken ein im Maximum 42 km² großer See, der im wesentlichen vom Schmelzwasser des Gletschers gespeist wurde. Im Laufe der Zeit verlandete er auf natürliche Weise – die Seefläche nahm ab, rings herum entwickelte sich langsam ein Moor. Zwei künstliche Seefällungen Ende des 18. und zu Beginn des 19. Jahrhunderts verringerten die Seefläche zusätzlich (Grüttner & Grüttner 1996).

Heute münden die Seekircher und die Oggelshauer Ach in den Federsee. Der Abfluss erfolgt über die Kanzach. Das 35,4 km² große Einzugsgebiet besteht aus einer ausgedehnten Riedfläche mit Schwingrasen, umgeben von hügeliger Moränenlandschaft. Das Land wird vorwiegend landwirtschaftlich genutzt.

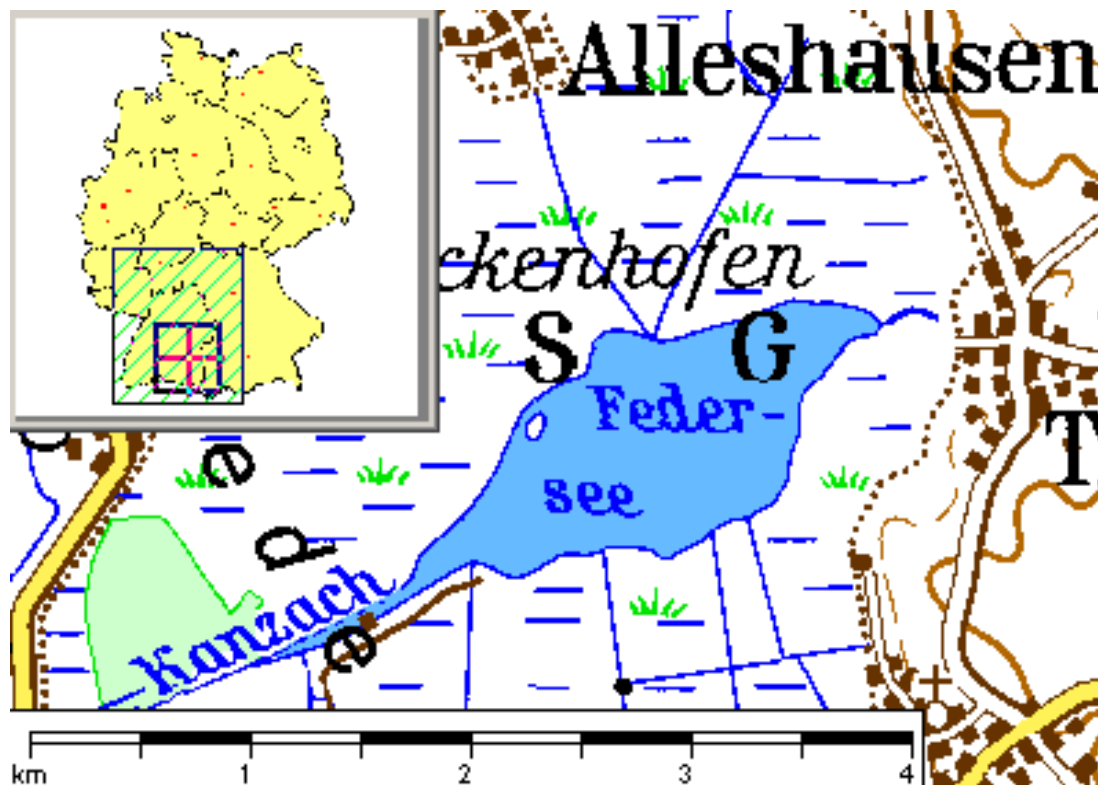


Abb. 4: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999)

1.2.2 Topographie und Morphometrie

Der heute 1,4 km² große Federsee ist ein flacher Moorsee (Tab. 3). Er erstreckt sich in seiner Längsausdehnung von Südwest nach Nordost und läuft seitlich relativ spitz aus. Seine maximale Breite beläuft sich auf ca. 1 km.

Tab. 3: Topographie und Morphometrie des Federsees (Kümmerlin 1994a)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [m]	B _{eff} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
1,10	1,39	3,2	0,8	2250	1030	1,7	0,47	6,8	0,16

1.2.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Der Federsee ist ein polymiktisches und zugleich holomiktisches Gewässer, welches mit durchschnittlichen HCO₃⁻-Konzentrationen von 1,3 - 5,0 mmol/l als kalkreich zu bezeichnen ist. Wegen seiner geringen mittleren Tiefe und seiner hohen Produktivität erzeugen wechselnde Einstrahlungs- und Niederschlagsbedingungen rasche Änderungen in der Ionenkonzentration und beim pH-Wert. Bei hoher Produktionsrate kann der pH-Wert trotz der Karbonatpufferung den Extremwert von knapp 11 erreichen, oder auch auf 7,3 absinken. Im Mittel liegt er bei 8,81. Die Calciumkonzentrationen bewegen sich bei einem Jahresmittel von 67 mg/l zwischen 34,1 mg/l und 92,2 mg/l. Die Sauerstoffverhältnisse sind wegen der starken Zehrung des Seebodens und der häufigen Durchmischung ebenfalls sehr wechselhaft. Übersättigungen an der Wasseroberfläche von 250 % sind nicht selten. Einen ausgeprägten Jahresgang zeigen auch die meisten Pflanzennährstoffe im Freiwasser. In den vergangenen Jahren lagen die Konzentrationen beim Gesamtphosphor zwischen 100 µg/l und 1.500 µg/l, beim Nitratstickstoff zwischen 0,1 mg/l und 2,3 mg/l und beim Silikat zwischen 0,01 mg/l und 10 mg/l. Die Konzentrationen von Chlorophyll a betragen im Mittel 200 µg/l und können Werte bis zu 600 µg/l erreichen. Die Sichttiefen variieren zwischen 0,10 m und 0,70 m. Danach zeigen die trophierelevanten Parameter für den ungeschichteten Federsee einen hypertrophen Zustand an (LAWA 1998). Als morphometrischer Referenztrophiegrad ergibt sich für das Gewässer schwache Polytriephie (p1).

1.2.4 Flora und Fauna

Das Ufer ist mit einem zwischen 30 m bis 400 m Breite wechselnden Schilfgürtel (*Phragmites australis*) umgeben und noch in naturnahem Zustand. Während in den 1920er Jahren eine reiche Wasserpflanzenflora im See zu finden war, die auch eher mesotrophente Arten wie *Myriophyllum spicatum* und *Utricularia vulgaris agg.* enthielt, ist diese heute aufgrund der hypertrophen Verhältnisse ausgesprochen artenarm. Auffällig ist die Gesellschaft des *Myriophyllo-Nupharetum luteae*, die das Westufer als fast geschlossenes und das Ostufer als unterbrochenes Band begleitet. Diese Gesellschaft wird im Federsee ausschließlich von der Teichrose (*Nuphar lutea*) und der Seerose (*Nymphaea alba*) aufgebaut. Seit Inbetriebnahme der Abwasser-Ringleitung 1982 hat sich das Krause Laichkraut (*Potamogeton crispus*) wieder eingefunden. Darüber hinaus finden sich im See Herden der Teichbinse (*Schoenoplectus lacustris*) und ein kleines Vorkommen des Rauhen Hornblattes (*Ceratophyllum demersum*), welches sehr eutrophe Verhältnisse bevorzugt (Grüttner

& Grüttner 1996).

Das Algenplankton besteht hauptsächlich aus Cyanobakterien der Gattung *Microcystis* und *Coelosphaerium*, sowie *Limnothrix redekei*. Sie bilden regelmäßige Algenblüten.

Das Zooplankton wird aus der Rotatorie *Asplanchna girodi* und folgenden Arten der Kleinkrebse gebildet: *Bosmina longirostris*, *Daphnia cuculata*, *Chydorus sphaericus*, *Scapholeberis mucronata*, *Eudiaptomus graciloides*, *Mesocyclops leuckarti*, *Leptodora kindti*.

In der artenarmen doch individuenreichen Bodentiergesellschaft dominieren Zuckmückenlarven (*Chironomus plumosus*) und Borstenwürmer (*Limnodrilus hoffmeisteri*).

Die Fischfauna setzt sich vorwiegend aus Brachsen (*Abramis brama*) und Ukelei (*Alburnus alburnus*) zusammen. Seltener sind Hecht (*Esox lucius*), Schmerle (*Noemacheilus barbatulus*), Schleie (*Tinca tinca*), Barsch (*Perca fluviatilis*), Aal (*Anguilla anguilla*) und Wels (*Silurus glanis*).

1.2.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Der Federsee ist eines der bedeutendsten Naturschutzgebiete in Baden-Württemberg. Er war früher ein Moorsee mit bräunlicher Färbung. Seine Bedeutung wurde allerdings durch die starke Belastung mit häuslichen Abwässern eingeschränkt. Der einst „üppige Rasen von Unterwasservegetation“ verschwand völlig. Die gesamte Biozönose verarmte vor allem an Mollusken- und Insektenarten. Bis Anfang der 1980er Jahre setzte sich diese Eutrophierungsphase fort. Dann wurden erhebliche Anstrengungen zur Sanierung eingeleitet. Ein wesentlicher Anteil des Abwassers wird seit 1981 über eine Ringleitung gesammelt und in einer Abwasserreinigungsanlage unterhalb des Seeauslaufs behandelt. Somit bleibt der See weitgehend von Abwassereinleitungen frei (LAWA 1985).

1.3 Illmensee

1.3.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Illmensee befindet sich im Landkreis Sigmaringen und ist während der letzten Eiszeit vor ca. 18.000 Jahren entstanden. Die wirtschaftliche Struktur im 800 ha großen Einzugsgebiet besteht zu 30 % aus Wald und zu 63 % aus landwirtschaftlicher Nutzfläche, von der wiederum je 50 % auf Grünland und Ackerland entfallen. Im Jahr 1937 erfolgte eine Grundwasserspiegelsenkung um 1,2 m. Den oberirdischen Wasserzulauf (37 l/s) des Sees bildet der Andelsbach ebenso wie den Ablauf in Richtung Ruschweiler See.

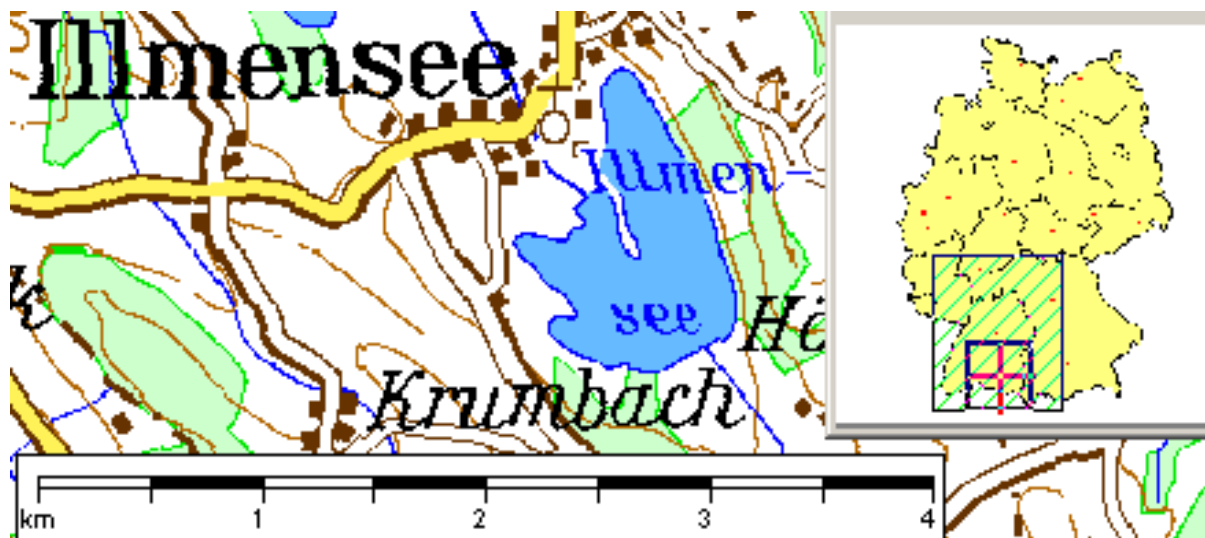


Abb. 5: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999)

1.3.2 Topographie und Morphometrie

Der 0,7 km² große Illmensee gestaltet sich von seinem Uferverlauf her sehr ungleichmäßig (Tab. 4). Während er im Südbereich eine rundliche Form aufweist, läuft der Nordbereich des Gewässers eher länglich aus. Das Westufer ist reich an Buchten und die maximale Tiefe des Sees liegt bei 16 m.

Tab. 4: Topographie und Morphometrie des Illmensees (Kümmerlin 1994a)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [km]	B _{eff} [km]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _a [a]
5,90	0,70	16,0	8,4	1267	867	1,5	2,7	5,9	2,36

1.3.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Beim Illmensee handelt es sich dem Tiefengradienten von > 1,5 zufolge um ein geschichtetes Gewässer. Die trophierelevanten Parameter zeigen im Zeitraum von 1985 bis 1997 einen deutlichen Werterückgang, der sich in der Verringerung der Trophiestufe von meso-eutroph (1985) auf mesotroph (1997) widerspiegelt (Abb. 6). So lagen die mittleren, anorganischen Gesamtstickstoffkonzentrationen im Jahr 1985

bei 1,46 mg/l, die mittleren Gesamtphosphorkonzentrationen bei 33 µg/l und die mittleren Chlorophyll a-Konzentrationen bei 6,0 µg/l. Die korrespondierenden Werte des Jahres 1997 betragen 1,06 µg/l TN_{anorg.}, 25 µg/l TP und 3,5 µg/l Chl a. Hinsichtlich des Parameters Sichttiefe schwankten die Mittelwerte innerhalb dieses Zeitraums um 3,4 m (Wöbbecke et al. 2003). Der trophische Referenzzustand, ermittelt auf der Grundlage der morphometrischen Parameter mittlere Tiefe und Tiefengradient, weist den Illmensee nach (LAWA 1998) als natürlicherweise mesotroph aus.

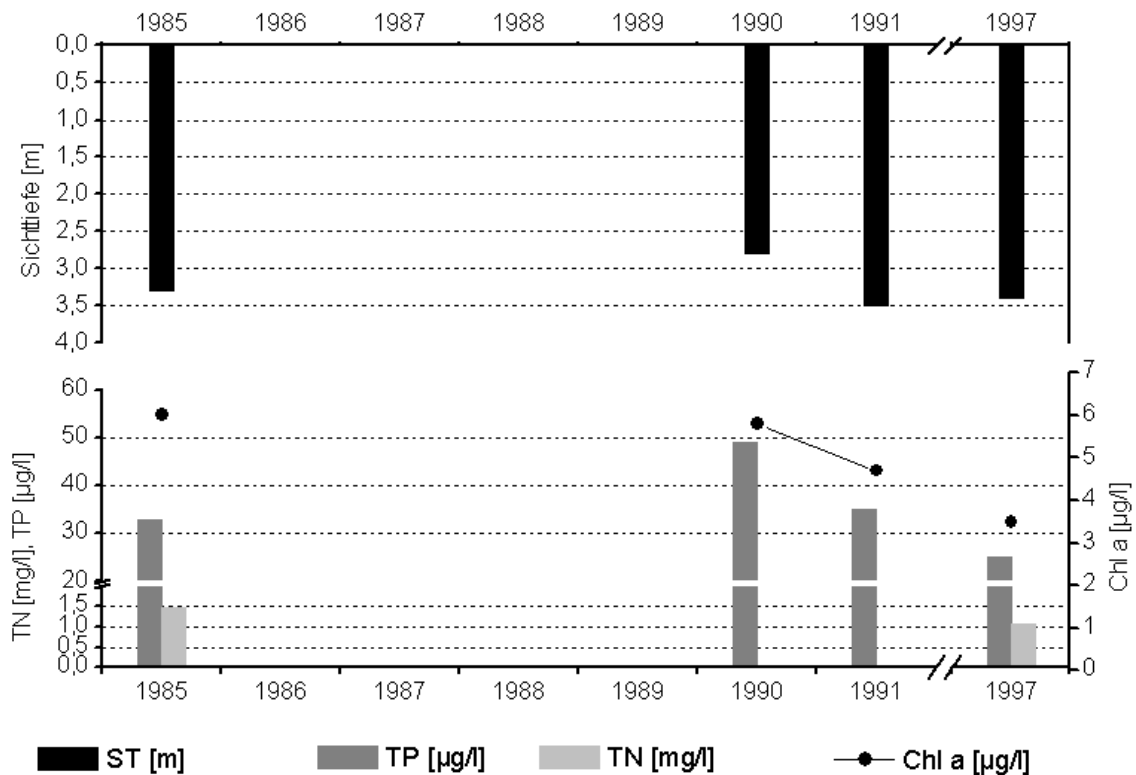


Abb. 6: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Illmensee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober) (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)

1.3.4 Flora und Fauna

An Makrophyten kamen im See innerhalb der Schwimmblattzone *Nuphar lutea* und *Nymphaea alba* vor und als submersive Vegetation *Myriophyllum spicatum*, *Ranunculus circinatus*, *Chara aspera*, *Elodea canadensis* sowie *Potamogeton spp.*.

Das Frühjahrsphytoplankton setzte sich in den Jahren 1990 und 1991 aus Diatomeen mit *Asterionella formosa* als dominanter Art zusammen. Der Sommeraspekt war 1990 von Cyanobakterien der Gattungen Aphanizomenon, Microcystis und Anabaena geprägt, die auch im Herbst diesen Jahres neben Cryptophyceen weiterhin vorkamen. Im Sommer 1991 beherrschten dagegen Cryptophyceen, Chlorophyceen und Dinophyceen das Phytoplanktonbild.

Der Fischfauna bestand in den Jahren 1990 – 1993 aus Hecht (*Esox lucius*), Zander (*Stizostedion lucioperca*), Plötze (*Rutilus rutilus*), Barsch (*Perca fluviatilis*), Brachsen (*Abramis brama*), Aal (*Anguilla anguilla*), Wels (*Silurus glanis*), Karpfen (*Cyprinus*

carpio), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Karausche (*Carassius carassius*), Schleie (*Tinca tinca*) und Ukelei (*Alburnus alburnus*). Die Populationsdichte von Plötze, Brachsen und Barsch war dabei im Vergleich zu anderen Seen der Region gering (Kümmerlin 1994a).

1.3.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Im See wird Angelfischerei betrieben. Seit 1998 erfolgt in Zusammenarbeit mit der Fischereiforschungsstelle im Zuge der Versorgung mit autochthonem Besatzmaterial eine jährliche Hechtlaichfischerei mit Trappnetzen, anschließendem Vorstrecken und erneutem Aussetzen der Fische. Über die oberirdischen Zuläufe wurden 1991 ca. 145 kg Phosphor eingetragen. Zusammen mit dem Eintrag über die Luft (31 kg) ergibt sich eine Gesamtbelastung von 176 kg P/a. Die Grenze der kritischen Oberflächenbelastung mit Phosphor, ab der mit einer fortschreitenden Eutrophierung zu rechnen ist (76 kg P/a), wurde 1991 damit um mehr als das Doppelte überschritten. Bedeutende Belastungsquellen waren 4 Teilorte (Illwangen, Mariahof, Glashütten, Reute; 150 Einw.) ohne Kläranlagenanschluss (Stand 1991), zahlreiche entwässerte Niedermoorflächen sowie intensiv genutzte landwirtschaftliche Flächen in Hanglage, der begradigte Zufluss ohne Pufferstreifen sowie der Badebetrieb, Zeltplatz und die Sportfischerei. In der Folgezeit wurden mehrere Sanierungs- und Renaturierungsmaßnahmen umgesetzt. Die Teilorte Illwangen und Mariahof wurden 1993 – 1997 an eine mobile Kläranlage mit Vorfluter Illmensee angeschlossen, seit 1998 besteht ein Anschluss von Illwangen, Mariahof, Reute und Glashütten an die Kläranlage Illmensee. 1995 wurde eine Extensivierungsplanung für die landwirtschaftlichen Nutzflächen erstellt, die eine Erweiterung der extensivierten Flächen von 24,7 ha auf 31,8 ha im Jahr 2000 vorsieht. Im Zuge der Renaturierung wurden 1994 Bepflanzungen am Andelsbach auf 200 m Länge vorgenommen, 1996 erfolgte die Renaturierung des Andelsbachs (Zulauf) auf ca. 300 m bis zur Mündung und das Anlegen einer Überflutungsfläche (4 ha) mit ökologischer Gestaltung. Geplant ist weiterhin die Renaturierung des Andelsbachs zwischen Mariahof und Illwangen (300 m) sowie zwischen Illmensee und Ruschweiler See auf einer Länge von 1.400 m (Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Weiher und Seen) (Kümmerlin 1994a).

1.4 Mindelsee

1.4.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Mindelsee befindet sich bei Konstanz und stellt der Genese nach ein glazial überformtes Becken (Drumlinsee) dar. Das 25,43 km² große Einzugsgebiet liegt auf einem Molasserücken mit einer Decke aus Gletscherschottern, die zu Drumlins geformt sind. Das Gebiet ist mit Laub- und Nadelwald bestanden und wird in den freibleibenden Bereichen landwirtschaftlich genutzt. Drei Ortschaften mit insgesamt 2.000 Einwohnern, deren Abwässer seit 1977 nicht mehr dem See zufließen, liegen im Einzugsgebiet. Der größte Teil der zufließenden Wassermenge kommt über einige Bäche in den See. Zum geringeren Teil fließt Wasser über submerse Quellaustritte zu. Der Seewasserspiegel wird auf Grund einer Wehranlage weitgehend konstant gehalten (LAWA 1985).

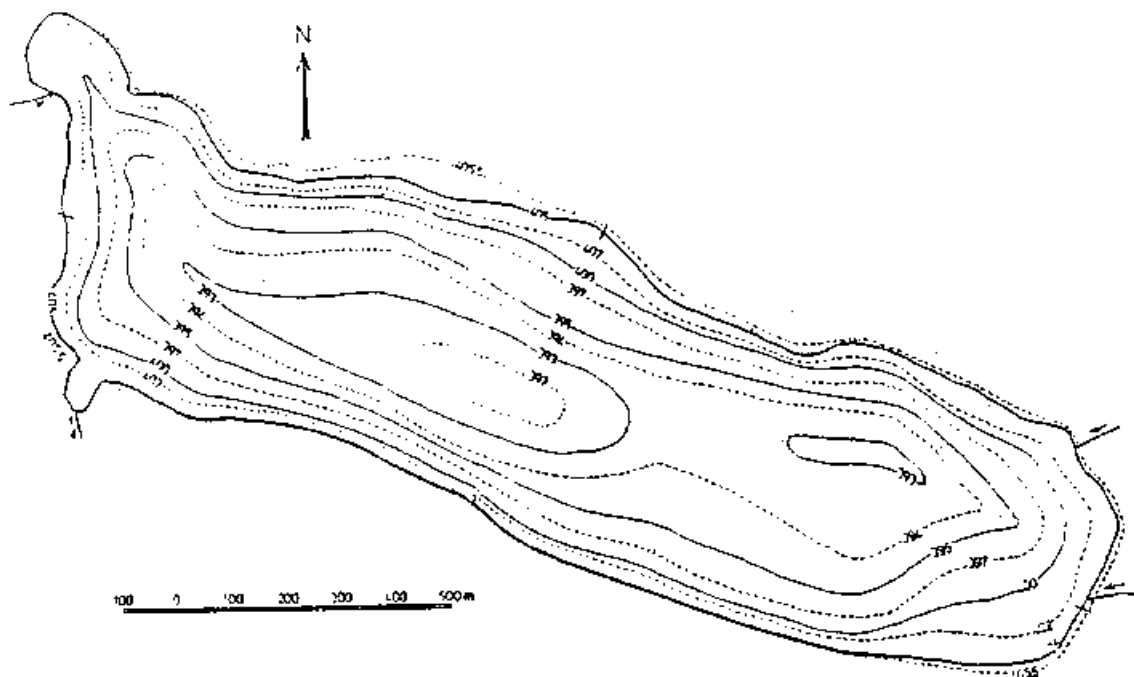


Abb. 7: Mindelsee (Internetrecherche)

1.4.2 Topographie und Morphometrie

Der Mindelsee erstreckt sich in seiner Längsausdehnung von Nordwesten nach Südosten (Abb. 7). Mit einer maximalen Tiefe von 13,5 m gehört er nicht zu den tiefen Seen (Tab. 5). Seine Uferstruktur weist auf eine nur geringe Verzahnung mit dem Umland hin.

Tab. 5: Topographie und Morphometrie des Mindelsees (Kümmerlin 1994b)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [m]	B _{eff} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
8,74	1,02	13,5	8,5	2170	560	1,5	2,13	6,3	1,38

1.4.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Es handelt sich um einen dimiktischen See, der zugleich holomiktisch ist. Entsprechend den geologischen Gegebenheiten ist das Gewässer mit HCO_3^- -Konzentrationen von 4,1 mmol/l kalkreich. Der mittlere pH-Wert liegt bei 8,07, die mittlere Calciumkonzentration bei 70,9 mg/l und die mittlere elektrische Leitfähigkeit bei 449 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Die Flächenbelastung mit Gesamtposphor betrug 1981 67 mg/m², war jedoch in den Jahren vor Ableitung der Gemeindeabwässer erheblich höher. Durch die Sanierungsmaßnahme trat eine Oligotrophierung ein. Die Sichttiefen vergrößerten sich von 2,1 m auf 2,7 m im Jahresmittel. Die Chlorophyll a-Konzentration liegt heute bei 6 $\mu\text{g}/\text{l}$. Anaerobe Verhältnisse treten im Spätsommer für einige Wochen in den größten Seetiefen ein (Kümmerlin 1994b).

Das Gewässer weist einen mesotrophen Trophiegrad auf (LAWA 1998).

Der trophische Referenzzustand, ermittelt auf der Grundlage der morphometrischen Parameter mittlere Tiefe und Tiefengradient, weist den Mindelsee nach (LAWA 1998) als natürlicherweise mesotroph aus.

1.4.4 Flora und Fauna

Das Ufer ist zu 70 % von einem dichten Röhrichtgürtel bestanden. Die submerse Vegetation besteht vorwiegend aus den folgenden Arten: *Nuphar lutea*, *Nymphaea alba*, *Myriophyllum spicatum*, *Najas marina*, *Ceratophyllum demersum*, *Sparganium minimum*, *Potamogeton pectinatus* und *Chara aculeolata*.

Im Phytoplankton dominieren im Frühjahr Diatomeen der Gattungen *Cyclotella*, *Stephanodiscus*, *Diatoma* und *Fragillaria* sowie im Sommer Chlorophyceen (*Gloeocystis*, *Oocystis*) und Conjugaten (*Closterium*). Cyanobakterien sind relativ selten anzutreffen.

Das Zooplankton setzt sich aus den folgenden Hauptarten/Gattungen zusammen: *Mesocyclops leuckarti*, *Cyclops strenuus*, *C. bohater*, *C. vicinus*, *Eudiaptomus gracilis*, *Bosmina spec.*, *Daphnia longispina*, *D. galeata* sowie *Ceriodaphnia* und *Diaphanosoma*.

Das Zoobenthon birgt eine sehr artenreiche Chironomiden- und Molluskenfauna, u.a. die vor einigen Jahren eingeschleppte Wandermuschel *Dreissena polymorpha*.

Die Fischfauna besteht aus Silberfelchen, Barsch (*Perca fluviatilis*), Hecht (*Esox lucius*), Schleie (*Tinca tinca*), Aal (*Anguilla anguilla*) und Cypriniden. Früher wurden auch Welse gefangen. Der Ertrag beläuft sich auf etwa 30 kg/ha (Kümmerlin 1994b).

1.4.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Der Mindelsee liegt in einem Naturschutzgebiet. Wassersport jeder Art ist nicht erlaubt. Die fischereiliche Bewirtschaftung nimmt ein Berufsfischer wahr (LAWA 1985).

1.5 Rohrsee

1.5.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Rohrsee liegt ca. 5 km südwestlich von Bad Wurzach in der größten Senke eines Toteiskesselfeldes zwischen der Äußeren und Inneren Jungmoräne. Seiner Genese nach handelt es sich um einen Toteissee, der vor ca. 16.000 Jahren entstanden ist. Das gesamte Kesselfeld ist wohl aufgrund des starken Grundwasserabflusses nach Osten und Norden weitgehend unvermoort. Wegen der relativ steilwandigen Beckenmorphologie konnte sich eine großflächige Verlandungszone nur im Südosten durch Sedimentzufuhr aus dem zufließenden Rohrbach entwickeln. Am Südufer befindet sich die Ortschaft Rohr. Westlich und östlich dieser Ortschaft liegen zwei Kleingewässer, die als Reste ehemaliger Buchten des Rohrsees anzusehen sind, heute aber keine offene Verbindung mehr mit diesem haben. Ein weiteres Kleingewässer liegt in einer kleinen, nicht mehr genutzten Kiesgrube im Südosten des Sees. Die wirtschaftliche Struktur im 14,69 km² großen oberirdischen Einzugsgebiet besteht laut „Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Weiher und Seen“ (1997) zu 10 % aus Wald und zu 80 % aus landwirtschaftlicher Nutzfläche, von der 60 % als Grünland und 40 % als Ackerland genutzt werden. Der Wasserzulauf erfolgt in erster Linie über den Rohrbach, der am Südostufer mündet und außerdem über Entwässerungsgräben, der Wasserablauf über den Grundwasserstrom nach Norden in Richtung Haidgauer Achquellen und Wurzacher Ried. Der Wasserstand ist grundwasserabhängig und unterliegt starken Schwankungen. Im Sommer treten unterschiedlich starke Wasserstandsschwankungen auf, trockengefallen ist der See zuletzt im Jahr 1967 (Kümmerlin 1994a).

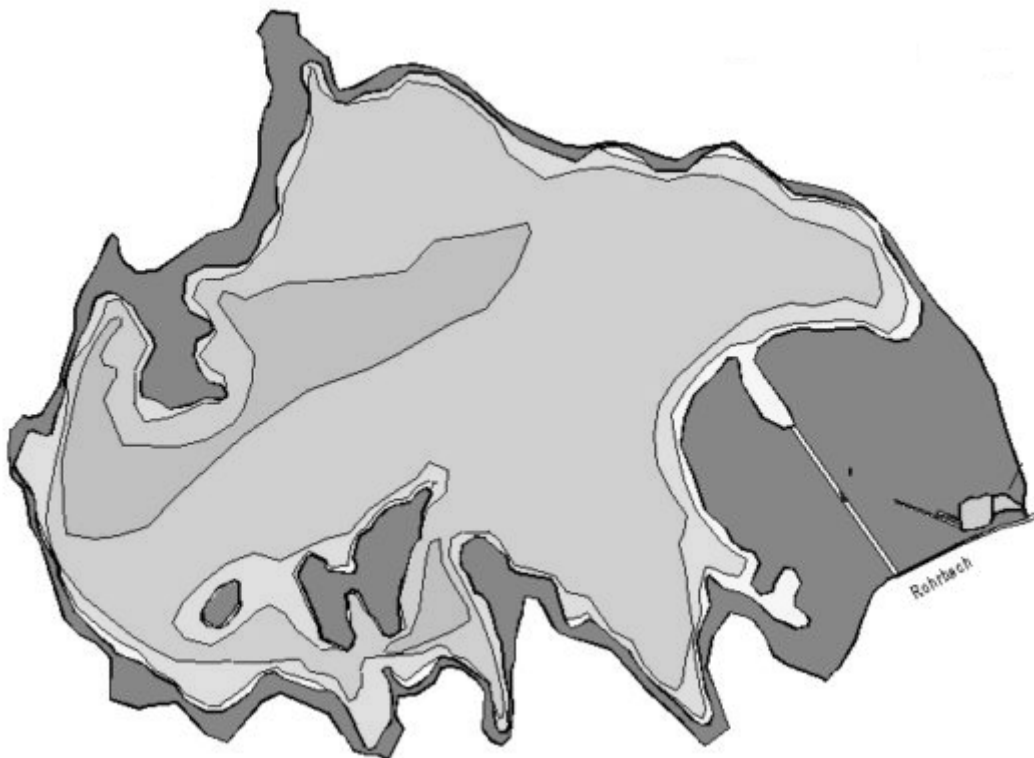


Abb. 8: Tiefenlinienkarte des Rohrsees (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)

1.5.2 Topographie und Morphometrie

Der Rohrsee ist ein hinsichtlich seines Uferverlaufes eher ungleichmäßig geformtes Gewässer mit vielen Buchten (Abb. 8). Im Südwestbereich befinden sich zwei Inseln. Der 0,56 km² große See weist insgesamt nur geringe Tiefen auf, wobei maximale 2 m lediglich an Einzelstellen im Nordwesten und Süden erreicht werden (Tab. 6).

Tab. 6: Topographie und Morphometrie des Rohrsees (Kümmerlin 1994a)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [m]	B _{eff} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
0,66	0,56	2,0	1,2	1120	990	2,0	0,34	5,9	

1.5.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Der See zeigte auch im Bereich einer windgeschützten Bucht eine vollständige Durchmischung. Die geringe Tiefe und windexponierte Lage lassen keine länger anhaltende Schichtung des Wasserkörpers erwarten.

Tab. 7: Vegetationsmittelwerte (April – Oktober) chemischer und trophierelevanter Parameter des Jahres 2001, alle Tiefen (Ausnahme TP_{Früh}: Mittelwert der Monate März und April 2001) (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

pH-Wert [-]	Leitf. [µS/cm]	Chl a [µg/l]	ST [m]	TN [mg/l]	TP [µg/l]	TP _{Früh} [µg/l]
8,7	191	32,5	2,0	0,39	46,6	58,0

Die trophierelevanten Parameter ergaben für das Jahr 1995 eine Trophiestufe von eutroph (e1) bei im Jahresmittel moderaten Chlorophyll a-Konzentrationen von 6,8 µg/l und Sichttiefen von 2,1 m. Bis ins Jahr 2000 tendierte der Rohrsee zu günstigeren mäßig produktiven Verhältnissen, bevor 2001 eine gegenteilige Entwicklung einsetzte (Abb. 9). Die Sichttiefen sanken auf im Vegetationsmittel 2 m, die Gesamtposphorkonzentrationen schwankten um 46,6 µg/l und die Chlorophyll a-Werte stiegen sprunghaft auf durchschnittlich 32,5 µg/l an (Tab. 7). Damit befand sich das Gewässer im Jahr 2001 nach LAWA (LAWA 1998) in einem stark eutrophen (e2) Zustand. Inwieweit diese Entwicklung von Dauer ist, müssen nachfolgende Messungen klären. Die Untersuchungsergebnisse des Jahres 2001 beschreiben den Rohrsee des weiteren als schwach alkalisch und äußerst elektrolytarm.

Der trophische Referenzzustand, ermittelt auf der Grundlage der morphometrischen Parameter mittlere Tiefe und Tiefengradient, weist den Rohrsee nach (LAWA 1998) als natürlicherweise eutroph (e2) aus.

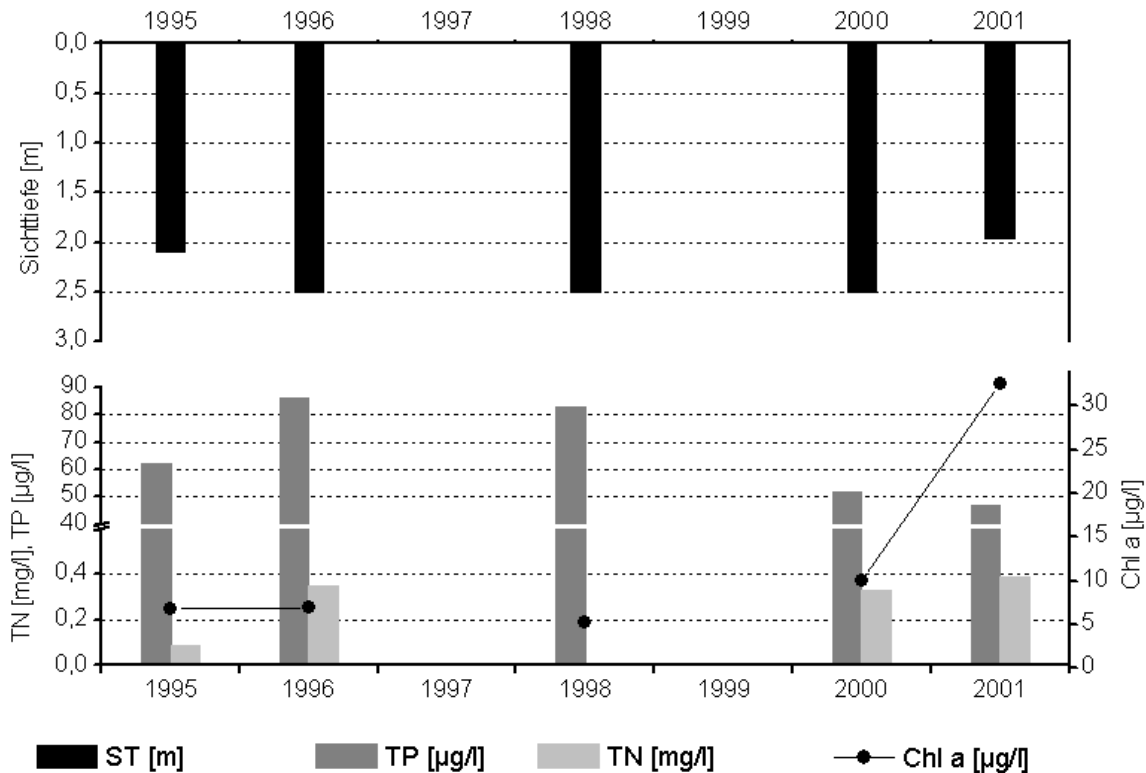


Abb. 9: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Rohrsee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober), (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)

1.5.4 Flora und Fauna

Die Ufervegetation bleibt größtenteils auf einen schmalen Saum beschränkt und kann nur in geringem Maß eine Pufferfunktion zur angrenzenden Wirtschaftsfläche erfüllen, lediglich im Nordwesten und vor allem im Südosten finden sich breitere, ufertypische Vegetationszonen. Von Südwesten ausgehend in Richtung Norden ist der wasserständige Ufersaum zunächst kaum 2 m breit und besteht aus *Typha latifolia*, *Carex elata* und *Iris pseudacorus*, die am Rande durch eine Nitrophytenflora (*Urtica dioica* und *Lycopus europaeus*) ergänzt werden, der wasserständige Röhrlichtbereich nimmt dann Richtung Norden an Breite zu und ist durch ein zunehmendes Vorkommen an *Phragmites australis* gekennzeichnet. Der nordwestliche Verlandungsbereich erstreckt sich in Form zweier Halbinseln weit in den See. Ein landseitiges Röhrlicht aus *Phalaris arundinacea* geht hier im Staubereich des Sees in ein dichtes Schilf (*Phragmites australis*)- bzw. verschilftes Steifseggen (*Carex elata*)-röhrlicht über. Eingestreut finden sich größere *Sparganium erectum*-Bestände, sowie Iris- und Binsenhorste und Abschnitte mit *Glyceria fluitans*. Die Halbinseln sind ebenfalls von einem Schilfröhrlicht gesäumt und von *Carex elata*, *Typha latifolia* sowie *Schoenoplectus lacustris* durchsetzt. Nach Nordosten wird der Schilfbereich wieder schmaler. Teilweise ist ihm ein schmales Rohrglanzgrasröhrlicht mit den Begleitarten *Alisma plantago-aquatica*, *Polygonum hydropiper* und *P. amphibium* bzw. ein Steifseggenried vorgelagert, das dann in den Verlandungsbereich im Südosten übergeht. Hier ist das breite *Carex elata*-Ried nur durch Vegetationsstreifen entlang des Zuflusses unterbrochen, im südlichen Bereich

verdrängt *Phragmites australis* weitgehend das Seggenried. Der Schilfsaum ist am Südufer stark mit Brennesseln und Disteln durchwachsen und ist lediglich an den Spitzen der Halbinseln breiter, wo die Grünlandnutzung aufgegeben wurde. Er wird von *Typha latifolia*, *T. angustifolia*, *Sparganium erectum* und *Glyceria fluitans* begleitet. Ein ausgedehnter Reinbestand an *Phragmites australis* findet sich um und vor der Insel, die der Ortschaft Rohr vorgelagert ist. Durch den Einsatz von Graskarpfen Ende der 1960er Jahre erfolgte eine vollständige Abweidung der Unterwasservegetation, erst nach ihrem Abfischen zu Beginn der 1980er Jahre setzte eine Erholung der Makrophytenbestände ein. Diese werden seit 1985 jedoch stark von *Elodea canadensis* dominiert. Die Vertreter der Schwimmblattzone (*Nymphaea alba* und *Polygonum amphibium*) bedecken große Teile der Wasseroberfläche. Am Nordufer hatten 1987 *Potamogeton natans* und *P. lucens* ihre Hauptverbreitung, am Südufer war *Ceratophyllum demersum* zusammen mit *Elodea canadensis* und *Ranunculus circinatus* die dominierende Art. *Elodea canadensis* bildete dann seewärts geschlossene Rasen, wie auch vor dem West- und Nordufer. Kleinere Bestände zeigten 1987 *Myriophyllum spicatum* und *Potamogeton obtusifolius*, auch *Chara cf. fragilis* konnte nachgewiesen werden. *Lemna minor*, *Lemna trisulca* und *Spirodela polyrhiza* bildeten in überstauten Röhrichten dichte Decken. Auch traten in großem Maße fädige Grünalgen auf. Diese wie auch das Makrophytenvorkommen weisen auf eine erhebliche Eutrophierung des Rohrsees hin (Kümmerlin 1994a).

Das Phytoplankton wurde im Frühjahr 1996 von Chlorophyceen und Conjugatophyceen, im Sommer und Herbst von Conjugatophyceen und Chlorophyceen dominiert.

Das Zooplankton des Rohrsees bestand 1987 überwiegend aus Rotatorien (95 %) und nur zu 5 % aus Copepoden. Die dominanten Rotatorienarten waren *Keratella cochlearis* und *Polyarthra cf. remata*, daneben wurden *Trichocerca cf. cyllindrica*, *Brachionus calyciflorus*, *Asplanchna spec.*, *Filina cf. longiseta* und *Pompholyx sulcata* gefunden (Kümmerlin 1994a).

Der Fischbestand des Sees setzt sich aus Hecht (*Esox lucius*), Barsch (*Perca fluviatilis*), Schleie (*Tinca tinca*), Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Plötze (*Rutilus rutilus*) und Trüsche zusammen. In der Zeit von 1985 - 1998 wurden immer wieder kleinere Fischsterben beobachtet.

1.5.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Die fischereiliche Bewirtschaftung des Sees erfolgt seit 1981 durch Berufsfischer. Früher wurden mit Zug- und Trappnetzen v.a. Plötzen, Brachsen und große Hechte entnommen, heute sind die Cyprinidenbestände nur noch gering und das Gewässer dient jetzt hauptsächlich der Hechtlaichfischerei. Der See und seine Uferzonen wurden bereits 1938 wegen der großen avifaunistischen Bedeutung unter Naturschutz gestellt und sind bedeutendes, internationales Vogelschutzgebiet. Das Bade- und Bootsfahrverbot werden weitestgehend eingehalten. Über die oberirdischen Zuläufe wurden im Jahr 1996 ca. 166 kg Phosphor eingetragen. Zusammen mit dem Eintrag über die Luft (21,7 kg) ergibt sich eine Gesamtbelastung von 188 kg P/a. Die Grenze der kritischen Oberflächenbelastung mit Phosphor, ab der mit einer fortschreitenden Eutrophierung zu rechnen ist (63 kg P/a), wurde damit 1996 um das Dreifache überschritten. Bedeutende Belastungsquellen waren 12 Teilorte (z.B. Rohr, Rohrbach, Eintürnen; 311 Einwohner) ohne Kläranschluss (Stand 1991), landwirtschaftlich intensiv genutzte Hangflächen und Nutzung bis an den

Schilfrand, ausgebaute Bachläufe ohne Pufferstreifen, Ackerflächen, die bis an den Rohrseebach reichten sowie die Jagd auf Wasservögel (mit der damit verbundenen Bleibelastung). In den Jahren 1996 – 1998 erfolgte ein zentraler Abwasseranschluss der Teilorte Rohr, Rohrbach, Eintürnenberg, Schrenkes und Eintürnen, dezentral blieben die Teilorte Mohr, Sontheim, Kämmerle, Reich, Beutels, Kimpflers, Erhardts. Als weitere Sanierungsmaßnahme wurde 1995 eine Extensivierungsplanung für die landwirtschaftlich genutzten Flächen im Einzugsgebiet erstellt, diese sah eine Erweiterung der Flächen von 11,7 ha im Jahr 1995 auf 13,1 ha im Jahr 2000 vor. Die Renaturierung eines Rohrseebach-Abschnitts und die Sicherung der Randstreifen auf einer Länge von 2.800 m (auch seiner seitlichen Zuflüsse) wurde in den Jahren 1997/98 durchgeführt. Geplant ist weiterhin die Renaturierung des Eintürner Dorfbaches (1.200 m) und des Baches bei Beutels (1.100 m). 1997 erfolgte der Bau eines Sedimentationsbeckens (2.500 m³) unterhalb des Rohrbaches (Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Weiher und Seen).

1.6 Schluchsee

1.6.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Schluchsee ist ein im südlichen Hochschwarzwald gelegener Stausee, welcher bereits vor dem Aufstau in den Jahren 1928 – 1931 als natürlicher See mit ca. $\frac{1}{5}$ der heutigen Fläche existierte (Kümmerlin & Turtur 2000). Er ist Teil einer Stauseenkette (Schluchsee – Albstausee – Schwarzabruckstausee – Mettmastausee – Witznau-stausee), über welche eine Verbindung zwischen dem Schluchsee und dem Rhein besteht. Durch den Pumpbetrieb zum Auffüllen der Seen und während der Elektrizitätsgewinnung über Turbinen findet ein Wasseraustausch in beide Richtungen statt.

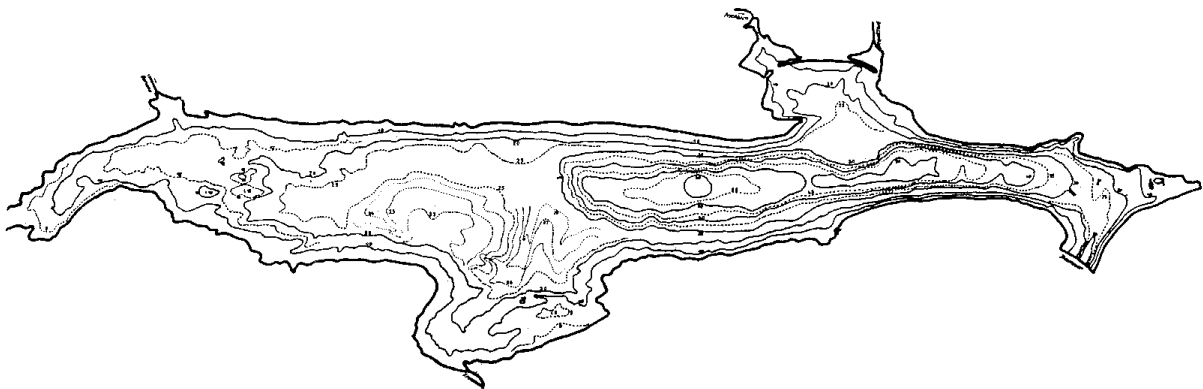


Abb. 10: Schluchsee (Internetrecherche)

1.6.2 Topographie und Morphometrie

Der Schluchsee erstreckt sich in seiner Längenausdehnung von Osten nach Westen, wobei er sich in östliche Richtung verschmälert (Abb. 10). Es handelt sich insgesamt um einen schmalen See, worauf sein Längen/Breiten-Verhältnis von 5,1 hinweist (Tab. 8).

Tab. 8: Topographie und Morphometrie des Schluchsees (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [m]	B _{eff} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
108,0	5,08	63,00	21,4	7380	1450	2,3	7,15	8,8	1,08

1.6.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Als Folge einzelner Sanierungsschritte näherte sich die Phosphorkonzentration des ehemals eutrophen Schluchsees bereits 1994 dem oligotrophen Niveau. Die Algenbiomasse nahm ab und die früher regelmäßigen sommerlichen Planktonblüten, welche vorrangig aus Cyanobakterien bestanden, treten nicht mehr auf. Nach Seespiegelabsenkungen, wie sie zu Revisionszwecken in Abständen notwendig sind, wird es wieder Algenmassen-Entwicklungen geben (im Sediment festgelegte Nährstoffe gelangen ins Gewässer zurück), die sich allerdings nach einigen Jahren beruhigen. Als morphometrischer Referenztrophiegrad ergibt sich für das Gewässer nach LAWA (1998) Oligotrophie.

1.6.4 Flora und Fauna

Die im Vorfeld der Sanierungsmaßnahmen starke Frühjahrsblüte des Phytoplanktons im Schluchsee wurde zumeist von sich bereits unter dem Eis entwickelnden centrischen Diatomeen (*Aulacoseira italica*) und die weniger starke Herbstblüte von Cyanobakterien dominiert. Im Spätsommer fanden sich hohe Spitzen an Diatomeen, vor allem *Fragilaria crotonensis*.

Der Fischbestand des Schluchsees wird vorrangig durch Rotaugen (*Rutilus rutilus*), Ukelei (*Alburnus alburnus*), Hechte (*Esox lucius*), Hasel (*Leuciscus leuciscus*), Zander (*Stizostedion lucioperca*), Flussbarsche (*Perca fluviatilis*) und Aale (*Anguilla anguilla*) gebildet. In Abständen stattfindende Seespiegelabsenkungen beeinflussen diesen stark. War der Schluchsee vor der Absenkung 1983 ein von Blaufelchen dominiertes Gewässer, so stellte er nach dem Wiederaufstau 1985 einen Rotaugen/Ukelei/Hechtsee dar. Insbesondere Rotauge, Hechte und Zander wurden (werden) nachbesetzt, da deren natürliches Aufkommen nicht gegeben ist (Pluta 1993).

1.6.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Der Schluchsee ist Teil eines Stausystems, welches sich vom Hochrhein bis in rund 1.000 m Höhe erstreckt. Er hat die Funktion eines Pumpspeichers. Die Zufuhr nährstoffreichen Rhein- sowie Einzugsgebietswassers führte in der Vergangenheit zur Eutrophierung dieses Gewässers. Im Jahr 1992 wurde die Kläranlage Schluchsee und 1998 die Kläranlage St. Blasien um eine Stufe zur Phosphorfällung erweitert. Zusätzlich zeigen die Phosphorkonzentrationen im Wasser des Rheins inzwischen eine deutlich regressive Tendenz (Kümmerlin & Turtur 2000).

Das Gewässer wird fischereilich ausschließlich durch Sportfischer genutzt.

1.7 Schmiechener See

1.7.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Das Naturschutzgebiet Schmiechener See liegt auf der Südostseite der Schwäbischen Alb in der Nähe des Ortes Schelklingen-Schmiechen im Alb-Donau-Kreis. Es handelt sich um ein Feucht- bzw. Sumpfgebiet, das aus einigen perennierenden und zahlreichen periodischen Gewässern besteht. Der Schmiechener See ist in eine große abflusslose Senke eingebettet, die vor ca. 200.000 Jahren entstand und Teil einer von Schmiechen nach Schelklingen um den Schelklinger Berg herum verlaufenden Schlinge des pleistozänen Ur-Donautales ist. Nachdem die Ur-Donau das heutige Schmiech-Ach-Blau-Tal auf dem Höhepunkt der Rißeiszeit verlassen hatte, wurde dieses von ihren bisherigen Zuflüssen mächtig aufgeschottert. Zwischen den Schuttfächern, welche aus den Seitentälern vordrangen, verblieb eine flache, oberirdisch abflusslose „Schüssel“, in welcher sich der „Ur-Schmiechener See“ aufstaute. Sich absetzende Schwebstoffe bildeten eine Tonschicht, die den See fast überall nach unten abdichtet und stellenweise sogar eine Mächtigkeit von bis zu 40 m erreicht“ (Kuhn & Kramer 1995). Der Schmiechener See wird ausschließlich durch Oberflächenwasser aus einem ca. 10,5 km² großen Einzugsgebiet gespeist, welches durch landwirtschaftliche Nutzung (70 % Ackerflächen, 20 % Grünland) geprägt ist. Den einzigen Zufluss bildet der Siegenbach, ein oberirdischer Abfluss existiert nicht (Hölzinger 1995).

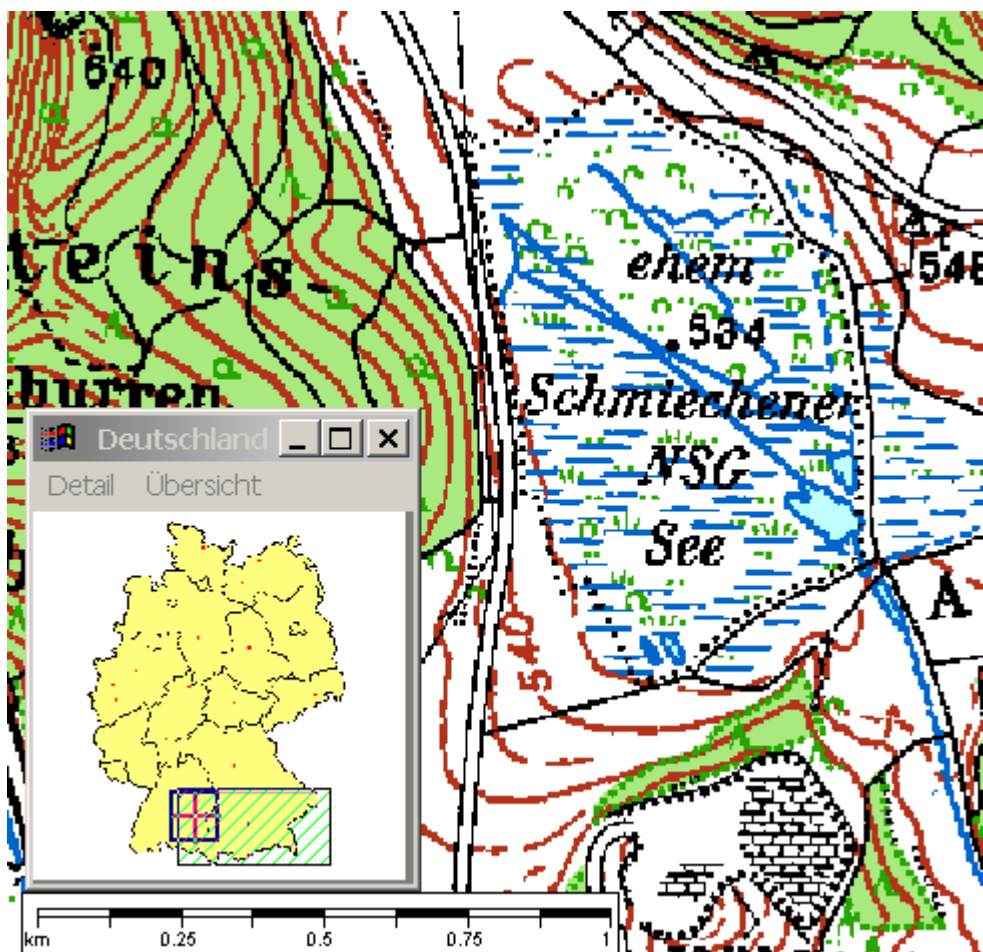


Abb. 11: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999)

1.7.2 Topographie und Morphometrie

Für den Schmiechener See ist ein stark schwankender Wasserstand und - des flachen Geländes wegen – eine stark wechselnde Flächenausdehnung kennzeichnend. Eine definierte Uferlinie fehlt. Bei Hochwasser sind die tiefsten Stellen der offenen Wasserflächen etwas über 2 m tief und der See bedeckt heute in der Regel ca. 50 ha (Tab. 9). Bei extremem Hochwasser können die überschwemmten Flächen (Äcker, Wiesen) im Osten kurzfristig noch um mehrere Hektar anschwellen. Bei sinkendem Wasserstand, vor allem während der Sommermonate, zerfällt die Wasserfläche in mehrere Teile, in einzelnen Jahren war sogar das gesamte Seebecken bis unter Seegrundniveau ausgetrocknet (Kuhn & Kramer 1995). Nach Hölzinger *et al.* (1969) beträgt die durchschnittliche Tiefe des Schmiechener Sees 0,5 m.

Tab. 9: Topographie und Morphometrie des Schmiechener Sees (Kuhn & Kramer 1995)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{max} [m]	B _{max} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
	0,5	2,0	0,5						

1.7.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Der Schmiechener See ist ein alkalisches Gewässer, welches nur kleine Freiwasserflächen aufweist – der überwiegende Teil ist von Großseggenriedern und Großröhrichten bewachsen. In Zeiten hoher Wasserführung im Winterhalbjahr sinken die pH-Werte jeweils und schwanken um 7,0, während bei Niedrigwasser im Sommerhalbjahr die pH-Mittelwerte stärker im alkalischen Bereich liegen und in Einzelfällen bis > 8,0 reichen.

Noch vor wenigen Jahrzehnten herrschten im Schmiechener See vergleichsweise nährstoffarme Verhältnisse, das Gewässer war mesotroph. Mitte der 1970er und Anfang der 1980er Jahre fielen gravierende Veränderungen im Zustand des Schmiechener Sees auf, welche sowohl die Biologie des Gewässers als auch dessen Hydrologie betrafen. Der See eutrophierte mit der Folge des flächenhaften Absterbens der bestandsbildenden Steifen Segge. Als wesentliche Ursache dieser Entwicklung konnte die Kanalisierung Altheim ob Allmendingens ermittelt werden, deren Abwässer zwischen 1964 und 1970 ungeklärt über den Siegenbach in den Schmiechener See gelangten. Der Jahresmittelwert der Sauerstoff-Sättigung lag 1985 bei 49,5 % und damit recht niedrig. Über den Jahresverlauf betrachtet ist das Sauerstoff-Defizit im Winterhalbjahr am höchsten, wo ufernahe Flachwasserbereiche und tiefere Seeflächen anaerobe Verhältnisse aufwiesen. Die Ammoniumkonzentrationen lagen im Schmiechener See 1985 bei im Mittel 1,02 mg N(NH₄⁺)/l und die Nitratkonzentrationen bei 0,75 mg N(NO₃⁻)/l. Orthophosphat wurde im entsprechenden Zeitraum in einer durchschnittlichen Größenordnung von 0,31 mg P(PO₄³⁻)/l gemessen. Die am stärksten belasteten, durch einen vertieften Graben in Verbindung stehenden Seeteile liegen in der südöstlichen Ecke, nahe der Siegenbach-Mündung bzw. in der nordwestlichen Ecke. Hier bestehen sogar polytrophe Verhältnisse, während der größte Teil des Flachgewässers heute als eutroph einzustufen ist. Schwach eutroph bis annähernd mesotroph dürften nur noch kleine Bereiche des Steifseggenriedes in einer speziellen Ausprägung sein (Hölzinger 1995), (Kuhn & Kramer 1995).

Nach 1970 gelangten die Abwässer mechanisch-biologisch vorgeklärt in das Gewässer und Ende der 1980er Jahre erfolgte die Erneuerung/Erweiterung der Kläranlage Altheim. Das erweiterte Klärwerk ging im Sommer 1990 in Betrieb. Des Weiteren wurde der Siegenbach zwischen 1987 und 1991 im Sinne einer „Bachrenaturierung“ ausgebaut, mit dem Ziel, das Selbstreinigungsvermögen des Zuflusses zum Schmiechener See zu verbessern und den Sedimenteintrag (Verlandung) zu unterbinden. Zu den Auswirkungen dieser Maßnahmen, vor allem auf die Trophieentwicklung des Schmiechener Sees, liegen derzeit noch keine Erkenntnisse vor. Allerdings bildeten sich noch 1994 unmittelbar am Einlauf ausgedehnte, dicke Grünalgendecken auf der Wasseroberfläche, die auf eine zumindest phasenweise nach wie vor beträchtliche Nährstofffracht über den Siegenbach schließen lassen (Kuhn & Kramer 1995).

1.7.4 Flora und Fauna

Der Flachwassersee ist größtenteils von Großseggenriedern (Steifseggenried-*Caricetum elatae*, Blasenseggenried-*Caricetum vesicariae*, Schlankseggenried-*Caricetum gracilis*, Gesellschaft der Zweizeiligen Segge-*Caricetum distichae* und Rohrglanzgrasröhricht-*Phalaridetum arundinaceae*) bewachsen. Den weitaus größten Teil nimmt das Steifseggenried (*Caricetum elatae*) ein, das in typischer oder auf seichtere Bereiche beschränkter, mesotraphenter Ausbildung (*Carex lasiocarpa*, *Comarum palustre* und/oder *Menyanthes trifoliata*) vorkommt und in der Vergangenheit durch Abwässer stark beeinträchtigt wurde. Dieses wird stellenweise von Rohrkolben-Röhrichten (*Typhetum latifoliae* und größere *Typha latifolia* Bestände) abgelöst. Vor allem in der Nordosthälfte sind Grauweidengebüsche (*Salicetum cinerea*) eingestreut. Weite Flächen des Steifseggenrieds wie auch anderer Pflanzengesellschaften sind von Wasserlinsen-Decken (z.B. *Lemna minor* und *L. trisulca*) überlagert. Ein ausgedehntes Schilfröhricht (*Phragmitetum australis*) wächst sowohl in typischer Ausbildung als auch mit *Carex elata* vergesellschaftet am Westufer, ein Wasserschwaden-Röhricht (*Glycerietum maximae*) auf dem Schwemmkegel des Siegentalgrabens. Das Teichbinsenröhricht (*Scirpetum lacustris*) kommt in vielen meist kleinen Beständen vor. Laichkraut- und Schwimmblattgesellschaften sind artenarm und nur spärlich ausgebildet. Als Gründe hierfür werden die schwankenden Wasserstände und der in den 1980er Jahren große Fischbestand genannt. Außer *Potamogeton lucens* kommt *P. x zizii* zumeist an anderen Stellen und in unterschiedlichen Wassertiefen vor. Die Bestände von *Polygonum amphibium f. aquaticum* sind von Jahr zu Jahr sehr unterschiedlich entwickelt (Kuhn & Kramer 1995).

Innerhalb des Zooplanktons wurden in den Vegetationsperioden der Jahre 1985 und 1986 26 Cladoceren-, 15 Copepoden-, 10 Ostracoden- und eine Isopoden-Art nachgewiesen. In den perennierenden Tümpeln war im Frühjahr (April) *Cyclops strenuus* dominierend. Diese Art wurde dann im Mai je nach Tümpel durch *Daphnia pulex* und *Ceriodaphnia quadrangula* bzw. *Daphnia longispina* und *Metacyclops gracilis* oder *Chydorus sphaericus* und *Eucyclops serrulatus* zunehmend abgelöst. Von August bis Oktober traten dann vor allem *Bosmina longirostis*, *Daphnia longispina*, *Eudiaptomus vulgaris* und *Metacyclops gracilis* als dominante Arten in Erscheinung. Weiterhin zu nennen ist die Art *Thermocyclops dybowskii*, die im August vertreten war. In den Überschwemmungstümpeln kamen die Arten *Eucypris virens* und *Cypricercus reticulatus* (beide Ostracoda) zeitweilig massenhaft und *Cyclops strenuus*, *Daphnia pulex*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia longispina*, *Eudiaptomus vulgaris* sowie *Notodromas monacha* (Ostracoda) häufig vor. Erwartungsgemäß zeigten die

Cladoceren in den perennierenden Gewässern größere Artenzahlen als in den periodisch trockenfallenden. Eine äquivalente Tendenz war auch bei den Copepoden erkennbar, die Ostracoden zeigten dagegen in den periodischen Gewässern höhere Artenzahlen und wesentlich höhere Abundanzen (Maier 1995). An Rotatorien wurden bei einer Untersuchung von 4 perennierenden Gewässern im Jahr 1989 die Arten *Brachionus sp.*, *Brachionus urceolaris*, *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *Keratella sp.*, *Keratella quadrata*, *K. testudo*, *K. cochlearis*, *Kellicottia longispina*, *Synchaeta sp.* und *Polyarthra sp.* mit einem Dominanzgrad von über 5 % nachgewiesen, außerdem wurden auch benthische Rotatorien miterfasst. Die Dominanzen gestalteten sich dabei in den einzelnen Gewässern und zu den verschiedenen Jahreszeiten jeweils unterschiedlich. So waren im Frühjahr je nach Gewässer *Synchaeta sp.*, *Keratella cochlearis*, *Brachionus sp.* bzw. *Keratella testudo* am häufigsten, im Sommer *Keratella cochlearis* oder *Polyarthra sp.* (Schellerich 1995).

Der Schmiechener See war wegen der gelegentlich auftretenden vollständigen Austrocknungen ursprünglich fischfrei. Seit den 1960er Jahren fanden jedoch wiederholt Besatzmaßnahmen statt. Die Bestände an Rotfeder (*Scardinius erythrophthalmus*), Schleie (*Tinca tinca*) und Karpfen (*Cyprinus carpio*) wuchsen in den 1980er Jahren in der Folge von hydrologischen Maßnahmen (Verringerung der Amplitude der Wasserstandsschwankungen durch Anlage eines Damms), Manipulation und Stützung der Bestände auf ein überaus hohes Niveau an (Kuhn & Kramer 1995).

1.7.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Über den Siegenbach wurden jahrzehntelang nur unzureichend geklärte Abwässer in den See eingeleitet. 1981 bzw. 1984 gelangten nach Berechnungen von Hölzinger (1995) mittlere Gesamtfrachten an Orthophosphat von 1,5 bzw. 0,95 kg/d über den Siegenbach in den Schmiechener See. Der Eintrag an Nährstoffen aus landwirtschaftlichen Nutzflächen in der Umgebung des Sees ist demgegenüber als gering zu bewerten. Der Ausbau der Kläranlage in Altheim führte zu einer Entlastung des Schutzgebietes von erhöhtem Stoffeintrag, zugleich hat sich die Wassermenge im See erhöht. Der Siegenbach wurde 1987 im Zuge einer Flurbereinigung durch ein neues, lebhaft gestaltetes Bachbett ökologisch aufgewertet. Die völlige Verlandung des Sees, die über Jahrzehnte durch intensiven Ackerbau und dadurch beschleunigte Erosion im Einzugsbereich des Siegenbachs gefördert wurde, konnte 1992 durch eine Ausbaggerung vorerst gestoppt werden. Um das Naturschutzgebiet ist eine 20 ha große Pufferzone entstanden, in der mit staatlicher Förderung extensive Landwirtschaft betrieben wird und die auf längere Sicht dem Schutzgebiet zugeschlagen werden soll. Der Schmiechener See liegt auf einer wichtigen Vogelzuglinie und wird entsprechend von zahlreichen seltenen und gefährdeten Zugvogelarten auf ihrer Wanderung von den Nordmeeren nach Afrika und zurück als Rastplatz aufgesucht. Er wurde daher in die Liste international bedeutsamer Feuchtgebiete aufgenommen (Oberföll 1995).

Als Teil des Naturschutzgebietes „Schmiechener See“ unterliegt das Gewässer einer Schutzgebiets-Verordnung, welche dessen intensive Nutzung verbietet. Der Schmiechener See dient als Vorranggebiet für Natur und Landschaft.

1.8 Titisee

1.8.1 Genese, Lage, Einzugsgebiet und Hydrologie

Der Titisee stellt seiner Genese nach einen Gletschertalsee dar. Das 24,2 km² große Einzugsgebiet liegt im Mittelgebirge des südlichen Schwarzwaldes, das aus Granit und Gneis aufgebaut und überwiegend von Nadelwäldern bestanden ist. Auf den freibleibenden Flächen wird intensive Viehwirtschaft betrieben. Das Niederschlagswasser wird teilweise über einen Hangkanal in den Schluchsee übergeleitet. Am nördlichen Ufer liegt die Gemeinde Titisee.

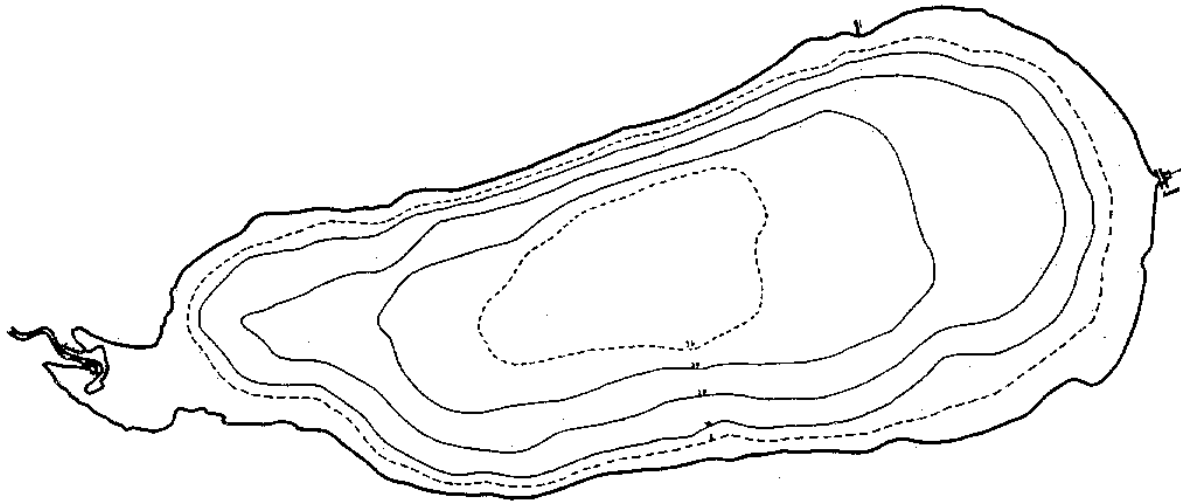


Abb. 12: Titisee (Internetrecherche)

1.8.2 Topographie und Morphometrie

Der Titisee weist eine ovale Oberflächenform auf und erstreckt sich in seiner Längsausdehnung von Nordosten nach Südwesten (Abb. 12). Die geringe Uferentwicklung von 1,3 weist darauf hin, dass der 1,07 km² große See wenig mit dem Umland verzahnt ist (Tab. 10).

Tab. 10: Topographie und Morphometrie des Titisees (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001)

V [Mio. m ³]	A [km ²]	Z _{max} [m]	Z _{mean} [m]	L _{eff} [m]	B _{eff} [m]	U _E [-]	F [-]	Z _{epi} [m]	t _R [a]
22,50	1,07	39,0	20,5	1870	750	1,3	6,2	6,3	22,50

1.8.3 Chemische und trophische Charakteristik des Sees

Der See ist dimiktisch und zugleich holomiktisch. Da die HCO₃⁻-Konzentration im Jahresmittel bei 0,22 mmol/l liegt, kann er als kalkarm betrachtet werden. Die mittlere Calcium-Konzentration beträgt 6,21 mg/l, der pH-Wert 7,3 und die elektrische Leitfähigkeit 63 µS/cm. Die Flächenbelastung mit Gesamtphosphor von rund 580 mg/m² (in den Jahren 1981/82) führte zu einer Vollzirkulationskonzentration im See von 12 µg/l. Die mittlere Konzentration Chlorophyll a betrug 3,9 µg/l, die mittleren Sichttiefen lagen bei 3,9 m. Der See kann demnach als schwach mesotroph eingestuft werden, wobei ihm die aus den Nadelwäldern ausgetragenen Huminstoffe

einen dystrophen Charakter verleihen. Der trophische Referenzzustand, ermittelt auf der Grundlage der morphometrischen Parameter mittlere Tiefe und Tiefengradient, weist den Titisee nach LAWA (1998) als natürlicherweise oligotroph aus.

1.8.4 Flora und Fauna

Das Ufer besteht aus Wald und Kulturland mit geringfügigen Verbauungen. Eine Röhrichtzone ist nicht vorhanden. Die Ufersubstrate sind kiesig bis sandig. Die submerse Vegetation wird von *Potamogeton pectinatus* dominiert.

Das Zooplankton bestand aus den Kleinkrebsen *Mixodiaptomus laciniatus*, *Cyclops abyssorum*, *Daphnia longispina*, *Diaphanosoma brachyurum*, *Bosmina coregoni* und *Holopedium gibberum*.

In der Fischfauna dominierten Barsch (*Perca fluviatilis*) und Rotaugen (*Rutilus rutilus*). Hecht (*Esox lucius*), Aal (*Anguilla anguilla*), Bach- (*Salmo trutta f. fario*) und Regenbogenforelle (*Salmo gairdneri*) sind, ebenso wie die Felchen, seltener.

1.8.5 Nutzung, anthropogener Einfluss

Der See liegt in einem stark besuchten Ferien- und Naherholungsgebiet mit Campingbetrieb und verschiedenen Freizeitnutzungen. Motorboote sind nicht erlaubt. Fahrgastverkehr ist zugelassen. Es besteht die Möglichkeit zur Sportfischerei. Der ursprünglich oligotrophe See durchlief eine rasche Eutrophierungsphase, die zu Algenmassenentfaltungen und kritischen Sauerstoffverhältnissen im Hypolimnion führte. Durch den Bau eines Ufersammlers und einer biologischen Kläranlage im Einzugsgebiet konnten die Phosphor-Konzentrationen zu Beginn der 1980er Jahre beträchtlich gesenkt werden. Die Konzentrationen der Stickstoffverbindungen blieben jedoch noch relativ hoch, nicht zuletzt verursacht durch Abschwemmungen aus der Gülledüngung während der Schneeschmelze im Frühjahr (LAWA 1985).

2 **Abbildungsverzeichnis**

Abb. 1: Tiefenkarte des Bodensees (Hofmann 2001)	4
Abb. 2: Zuflüsse des Bodensees mit ihren jährlichen prozentualen Wasseranteilen (Wessels 1998).....	5
Abb. 3: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Bodensee, Obersee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober), (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	6
Abb. 4: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999).....	10
Abb. 5: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999).....	13
Abb. 6: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Illmensee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober) (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)	14
Abb. 7: Mindelsee (Internetrecherche).....	16
Abb. 8: Tiefenlinienkarte des Rohrsees (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)	18
Abb. 9: Zeitliche Entwicklung der Trophieparameter vom Rohrsee (Mittelwerte der Vegetationsperiode von April - Oktober), (Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein 2002)	20
Abb. 10: Schluchsee (Internetrecherche).....	23
Abb. 11: Ausschnitt aus topographischer Karte (Landesvermessung Baden-Württemberg 1999).....	25
Abb. 12: Titisee (Internetrecherche)	29

3 Tabellenverzeichnis

Tab. 1: Topographie und Morphometrie des Bodensees (OS – Obersee, US – Untersee, GS – Gesamtsee) (Wessels 1998) & (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	6
Tab. 2: Vegetationsmittelwerte (April-Oktober) chemischer und trophierelevanter Parameter des Jahres 2000, Obersee (Ausnahme TP _{Früh} : Mittelwert der Monate März und April 2000), (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	7
Tab. 3: Topographie und Morphometrie des Federsees (Kümmerlin 1994a)	11
Tab. 4: Topographie und Morphometrie des Illmensees (Kümmerlin 1994a)	13
Tab. 5: Topographie und Morphometrie des Mindelsees (Kümmerlin 1994b)	16
Tab. 6: Topographie und Morphometrie des Rohrsees (Kümmerlin 1994a).....	19
Tab. 7: Vegetationsmittelwerte (April – Oktober) chemischer und trophierelevanter Parameter des Jahres 2001, alle Tiefen (Ausnahme TP _{Früh} : Mittelwert der Monate März und April 2001) (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	19
Tab. 8: Topographie und Morphometrie des Schluchsees (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	23
Tab. 9: Topographie und Morphometrie des Schmiechener Sees (Kuhn & Kramer 1995)	26
Tab. 10: Topographie und Morphometrie des Titisees (Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001).....	29

4 Literatur

Eckmann, R. & Rösch, R., 1998: Lake Constance fisheries and ecology. In E. Bäuerle & U. Gaedke (Hrsg.), Lake Constance, Characterization of an ecosystem in transition. *Archiv für Hydrobiologie*. 53: 285-301.

Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein: Aktionsprogramm zur Sanierung oberschwäbischer Seen. Gewässerdirektion Nördlicher Oberrhein, GwD NOR, Postfach 100 113, Ruschgraben 139, 76231 Karlsruhe. Online im Internet: <http://www.gwd.baden-wuerttemberg.de/seenprogramm>. [26.11.02].

Grüttner, A. & Grüttner, R. W., 1996: Flora und Vegetation des Naturschutzgebietes Federsee (Oberschwaben). In: *Beihefte zu den Veröffentlichungen für Naturschutz und Landschaftspflege in Baden-Württemberg* 86: 1-314.

Hofmann, H., 2001: Digitalisierung bayerischer Seen nach Vorlage aus TOP 50.

Hölzinger, J., 1995: Zur Einführung -. In J. Hölzinger & G. Schmid (Hrsg.), Der Schmiechener See. Naturkunde eines Naturschutzgebietes auf der Schwäbischen Alb. Teil 1: Geschichtlich-naturkundliche Beiträge 78: 17-30.

Kuhn, J. & Kramer, W., 1995: Vegetation und Flora des Schmiechener Sees (Gefäßpflanzen). In J. Hölzinger & G. Schmid (Hrsg.), Der Schmiechener See. Naturkunde eines Naturschutzgebietes auf der Schwäbischen Alb. Teil 1: Geschichtlich-naturkundliche Beiträge 78: 159-306.

Kümmerlin, R. E. & Turtur, J., 2000: Der Schluchsee im Schwarzwald - Eutrophierung und Oligotrophierung eines Ökosystems. Deutsche Gesellschaft für Limnologie (DGL), Tagungsbericht: 306-311.

Kümmerlin, R., 1994a. Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg, Regierungsbezirk Tübingen. Zentraler Fachdienst Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1, Institut für Seenforschung, Langenargen.

Kümmerlin, R., 1994b. Handbuch der stehenden Gewässer in Baden-Württemberg, Regierungsbezirke Stuttgart, Karlsruhe und Freiburg. Zentraler Fachdienst Wasser-Boden-Abfall-Altlasten bei der Landesanstalt für Umweltschutz Baden-Württemberg 1, Institut für Seenforschung, Langenargen.

Daten vom Institut für Seenforschung in Langenargen (Baden-Württemberg), 2001: Kümmerlin, R. Untere Seestraße 81, 88085 Langenargen.

LAWA, 1985: Seen in der Bundesrepublik Deutschland. 190 S.

LAWA (Hrsg.), 1998: "Gewässerbewertung – Stehende Gewässer" Vorläufige Richtlinie für eine Erstbewertung von natürlich entstandenen Seen nach trophischen Kriterien 1998. *Länderarbeitsgemeinschaft Wasser*. 1-74.

Maier, G., 1995: Ein Beitrag zur Crustaceen-Fauna des Naturschutzgebietes Schmiechener See. In J. Hölzinger & G. Schmid (Hrsg.), Der Schmiechener See.

Naturkunde eines Naturschutzgebietes auf der Schwäbischen Alb. Teil 1: Geschichtlich-naturkundliche Beiträge 78: 377-396.

Obergföll, F.-J., 1995: Das Naturschutzgebiet Schmiechener See. In J. Hölzinger & G. Schmid (Hrsg.), Der Schmiechener See. Naturkunde eines Naturschutzgebietes auf der Schwäbischen Alb. Teil 1: Geschichtlich-naturkundliche Beiträge 78: 507-512.

Pluta, H. J., 1993: Bestandsentwicklung, Abschätzung des Nahrungsbedarfes und Verlauf der Parasitierung von Fischen nach einer nahezu vollständigen Reduzierung des Fischbestandes im Schluchsee, einem Pumpspeichersee im Schwarzwald. Dissertation. Universität Hamburg: 1-152.

Schellerich, A., 1995: Untersuchung der planktischen Rädertierfauna im Naturschutzgebiet Schmiechener See. In J. Hölzinger & G. Schmid (Hrsg.), Der Schmiechener See. Naturkunde eines Naturschutzgebietes auf der Schwäbischen Alb. Teil 1: Geschichtlich-naturkundliche Beiträge 78: 377-396.

Wessels, M., 1998: Geological history of the Lake Constance area. In E. Bäumler & U. Gaedke (Hrsg.), Lake Constance, Characterization of an ecosystem in transition. *Archiv für Hydrobiologie* 53: 1-12.

Wöbbecke, K., Klett, G., & Rechenberg, B. 2003: "Wasserbeschaffenheit der wichtigsten Seen in der Bundesrepublik Deutschland - Datensammlung 1981-2000", Umweltbundesamt Berlin, UBA-Texte 36/03. 1-153.