

Sanierung und Reaktivierung von Kleinwasserkraftanlagen an der Werra

1 Einführung

1.1 Beschreibung des Niederschlagsgebietes

Das Niederschlagsgebiet der Werra hat eine Größe von ca. 5.500 km², die Quelle liegt im Thüringer Wald auf einer Höhe von 797 m + NN. Werra und Fulda bilden zusammen in einer Höhe von 116 m + NN in Hannoversch Münden die Weser (Bild 1, 2).

Die jährlichen Niederschläge sind im Thüringer Wald mit über 1200 mm am größten, an der Werramündung betragen sie 764 mm. Insgesamt gibt es an der Werra 11 Pegel (Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch 1990, Thür. Landesanstalt 1992). Erhöhte Abflüsse gibt es in Folge der Schneeschmelze im Thüringer Wald und im Sommer, bedingt durch Gewitter. Das mittlere Niedrigwasser beträgt am Pegel Eisfeld 0,14 m³/s und wächst bis zum Pegel Letzter Heller auf 14,2 m³/s. Das jährliche Mittelwasser beträgt am Pegel Eisfeld 1,1 m³/s und wächst bis zum Pegel Letzter Heller auf 50,5 m³/s. Die Arbeitsgemeinschaft (ARGE) Weser betreibt insgesamt sechs Wasserqualitätsmeßstellen im Niederschlagsgebiet der Werra. Fünf liegen unmittelbar an der Werra, eine an der Ulster (DVWK 1993).

Die Werra durchfließt zunächst den Unteren und Oberen Muschelkalk, erreicht dann den Mittleren Buntsandstein, durchquert den Unteren Buntsandstein und tritt dann wieder in Schichten des Mittleren Buntsandsteins ein. Zwischen Bad Salzungen und Eisenach liegen in einer Tiefe zwischen 400 m und 1.000 m Salzflöze, die bergmännisch abgebaut werden.

Die Talaue wird von der Quelle bis Meiningen überwiegend forstwirtschaftlich genutzt, anschließend herrscht Wiese und Weide vor, lediglich zwischen Eisenach und Eschwege wird die Talaue ackerbaulich genutzt (Weizenanbau). Das Längsgefälle ist gering, im Mittel beträgt es zwischen den Pegeln Eisfeld und Letzter Heller 1 ‰. Die untersten 89 km sind Bundeswasserstraße, an den Stauanlagen wurden im 18., 19. und 20. Jahrhundert zusätzlich Schleusen errichtet. Die gewerbliche Schifffahrt ist jedoch schon seit ca. 100 Jahren zum Erliegen gekommen (Röttcher 1995).

1.2. Wasserqualität

Eine Besonderheit stellt die Salzbelastung dar, die aus dem Salzabbau herrührt. In dem Rohsalz befindet sich Kieserit (MgSO₄ Magnesiumsulfat), mit dem sich ein Dünger für chloridempfindliche Pflanzen herstellen läßt. Dieser Dünger wird in einem mehrstufigen Prozeß aus dem Rohsalz gewonnen. Es fallen Rückstands-

mengen und Salzabwasser an. Die Rückstandsmengen werden zu Halden aufgeschüttet, das Salzabwasser wird in Hessen versenkt. In Thüringen wird es, abhängig vom Betriebsablauf, versenkt und in die Werra eingeleitet.

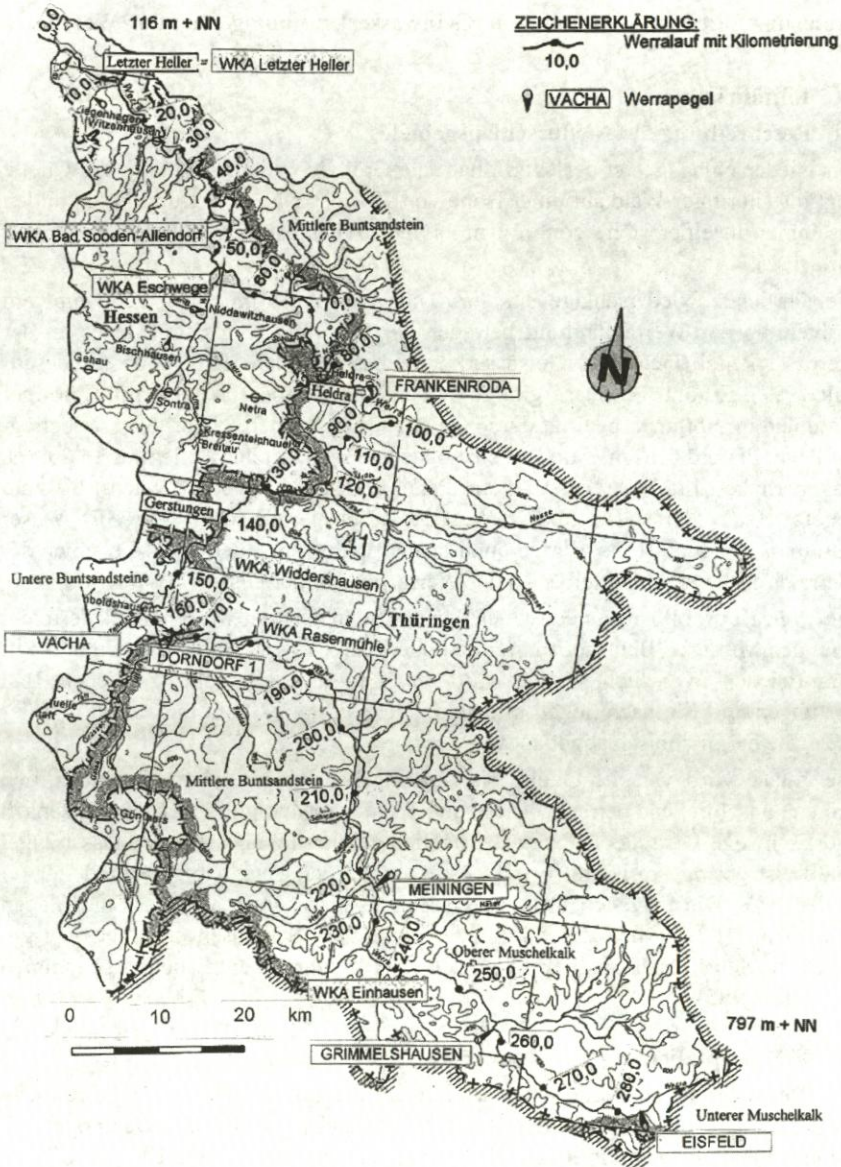


Bild 1: Niederschlagsgebiet der Werra mit Höhenlinien nach (Geduhn 1997)

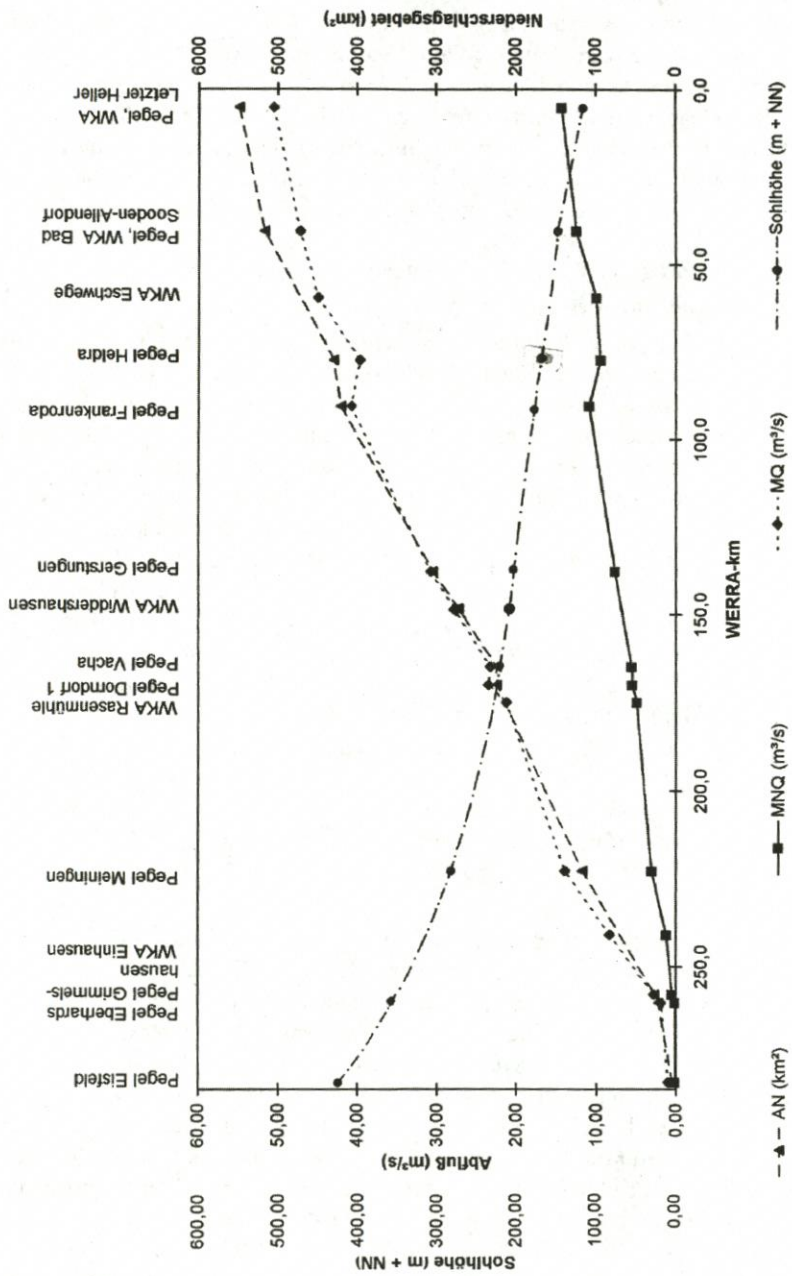


Bild 2: Längsschnitt der Werra

Die Fulda ist von der Versalzungsproblematik nicht betroffen. In der Werra treten jedoch sehr hohe Konzentrationen auf. Bereits 1913 war für Gerstungen ein Grenzwert von 2.500 mg/l Chloridfracht, bei einer Gesamthärte von 50° deutscher Härte, festgelegt worden. Dieser Grenzwert wurde bis zum 2. Weltkrieg in etwa eingehalten. Heute treten lokale Spitzen bis 9.000 mg/l auf. Dies auch, obwohl die Thüringer Werke Dorndorf und Merkers geschlossen wurden. Diese hohen Salzgehalte haben Einfluß auf die technische Ausstattung der Wasserkraftwerke.

2 Beschreibung der Wasserkraftanlagen

2.1 Technische Angaben

Von den sechs in diesem Beitrag betrachteten Kraftwerken (Tab. 1) sind zwei Flußkraftwerke und vier Ausleitungskraftwerke. Ein Kraftwerk - der Letzte Heller - fällt mit einer Leistung von 2.610 kW nicht mehr in die Gruppe der Kleinkraftwerke, wurde jedoch aus Vergleichsgründen aufgenommen. In Bad Sooden-Allendorf und Eschwege handelt es sich jeweils um zwei baulich getrennte Kraftwerke. Die Ausbaugrade sind sehr unterschiedlich. Den größten Ausbaugrad hat der Letzte Heller mit 1,6, gefolgt von Einhausen mit 1,26 und Widdershausen mit 1,0. Die Anlagen Eschwege folgen mit 0,91 und Bad Sooden-Allendorf hat 0,41. Das erwähnte geringe Längsgefälle der Werra macht Fallhöhen zwischen 1,92 m (Einhausen) und 3,77 m (Letzter Heller) möglich. Die Standorte wurden früher genutzt und waren durchweg mit Francis-Turbinen ausgerüstet. In zwei Fällen (Bad Sooden-Allendorf, Eschwege) wurde die Francis-Schachtarturbinen beibehalten, bzw. je eine Kaplan-Turbinen und Propeller-Turbinen mit vertikaler Welle eingebaut. Alle anderen Turbinen wurden durch Kaplan-Rohrturbinen ersetzt. Im Mittel- und Oberlauf der Werra kam die Sonderform der Getriebe-Rohrturbinen, bzw. der Rohrturbinen mit Riemetrieb zum Einsatz (Bild 3). Diese Maschinen eignen sich besonders für geringe Fallhöhen und Abflüsse zwischen 3 und 120 m³/s. Zwei Anlagen (Rasenmühle, Einhausen) sind mit jeweils einem Maschinensatz ausgerüstet.

In der Regel wurden die alten Wehre mit den vorhandenen Verschlüssen saniert. So gibt es für neue Anlagen untypische Verschlüsse, wie Walzen und Schützen. In zwei Fällen wurde auf ein festes Wehr ein Schlauchwehr als Regulierorgan aufgesetzt. Die fünf Wasserkraftanlagen, die dem eingeleiteten Salzabwasser ausgesetzt sind, haben durchweg besondere Maßnahmen des passiven Korrosionsschutzes getroffen. Darüber hinaus haben vier Anlagen zusätzlich kathodischen Korrosionsschutz vorgesehen. Grund dafür waren die Erfahrungen, die man 1986 und 1987 in der Wasserkraftanlage Letzter Heller sammeln mußte. Flächenabtrag und Muldenfraß an den Kohlenstoffstählen machten den Einbau von Opferanoden und Kathoden an den Stahlteilen erforderlich. Pro Anode wurde eine maximale Strombelastung von 50 A ermittelt, die Abtragsrate betrug 3 g/A·a und die Lebenserwartung wurde mit rd. 6 Jahren ermittelt. Zur Steuerung und Überwachung wur-

Bezeichnung	Letzter Heller	Bad Sooden- Allendorf	Eschwege	Widdershausen	Rasennühle	Einhausen
Werra-km	5,1 ¹⁾	41,3 ¹⁾	59,6 ¹⁾	148 ²⁾	174 ²⁾	231 ²⁾
Niederschlags- gebietsgröße (km ²)	5.487	5.166	n.b. ³⁾	2.856	1.960	651
MNQ (m ³ /s)	14,20	12,40	9,9	7,2	4,87	1,21
MQ (m ³ /s)	50,50	47,2	45,0	35,0	21,2	8,35
Jahr der Sanierung/ Reaktivierung	1984-86	1989/95	1989-93	1995	1995	1995
Kraftwerkstyp	Flußkraftwerk	Ausleitungs- kraftwerk	Ausleitungs- kraftwerk	Flußkraftwerk	Ausleitungs- kraftwerk	Ausleitungs- kraftwerk
Ausbaudurch- fluß (m ³ /s)	3x27,1	1x8,0 1x11,5	2x9,3 1x31,8	2x17,5	16 m ³ /s	10,5
Fallhöhe (m)	3,77	2,10 - 2,20	2,50 2,25	2,96	2,30	1,92
Maschinen	Kaplan -S- Rohrturbine 3x870 kW	Propeller - T. Kaplan - T. 1x225 kW 1x254 kW	Francis- Schacht-T. 2x194 kW Kaplan- Rohrturbine 1 x 637 kW	Getriebe-Rohr-T. 2x468 kW	Getriebe-Rohr-T. 315 kW	Rohr-T. mit Riemtrieb 175 kW

Tab. 1: Technische Angaben nach Geduhn (1997)

Bezeichnung	Letzter Heller	Bad Sooden- Allendorf	Eschwege	Widdershausen	Rasemühle	Einhausen
Generator	Synchron 3x1400 kVA	Asynchron 1x200 kW 2x150 kW	Asynchron Synchron 2x260 kW 620 kW	Asynchron 2x560 kW	Asynchron 350 kW	Asynchron 175 kW
Getriebe	Stirrad-G.	n. b.	Stirrad-G. Kegelrad-G.	Kegelrad-G.	Kegelrad-G.	Riementrieb
Rechen	Hydr. Greifer-R.	Hydr. Putzharke	Hydr. Putzharke Seilzug-R.	Seilzug-R.	Hydr. Putzharke	Hydr. Putzharke
Wehr	Walzen-W.	Schützen-W.	Schlauch-W. Klappen-W.	Walzen-W.	Festes Wehr	Schlauch-W.
Bemerkungen	KKS ¹⁾	Korrosionsfeste Stähle	KKS ³⁾	KKS ³⁾	KKS ³⁾	--
Spezifische Kosten (DM/inst. KW)	n. b.	3.700?	n. b.	11.400	11.900	12.632

Anmerkungen zur Tafel:

¹⁾ nach Angaben der Wasser- und Schifffahrtsverwaltung, ²⁾ eigene Kilometrierung, ³⁾ n. b. = nicht bekannt,

⁴⁾ KKS = Kathodischer Korrosionsschutz

Tab. 1: Technische Angaben nach Geduhn (1997), Fortsetzung

Soweit die spezifischen Kosten für die Sanierung bzw. Reaktivierung der Anlagen vorliegen, sind sie in der Tab. 1 in der letzten Zeile aufgeführt. In der Regel liegen sie zwischen 11.000,- DM und 13.000,- DM/inst. kW. Lediglich die spezifischen Kosten der Wasserkraftanlage in Bad Sooden-Allendorf, die weitgehend die vorhandene Stauanlage und Baulichkeiten nutzen konnte und bei der ein hoher Eigenanteil durch den Betreiber erbracht wurde, liegen untypisch niedrig.

2.2 Umweltrelevante Angaben

Wie bereits erwähnt wurden die früheren Stauanlagen verwendet und die früher genehmigten Stauhöhen eingehalten, lediglich in Eschwege wurde am großen Wehr eine maßvolle Erhöhung von 0,42 m vorgenommen. Soweit neue Regulierorgane nötig waren, wurden Schlauchwehre verwendet. Bis auf den Stau am Letzten Heller verursachen alle Stauhaltungen mit Wassertiefen zwischen 1,5 m bis 3,0 m und Aufenthaltszeiten < 0,5 Tage geringe Beeinträchtigungen. In der Hydraulik hat sich überall abbaubares Bioöl durchgesetzt. Der seit Beginn der 90er Jahre geforderte 20 mm Rechen (Schultze 1993) wurde in Hessen, mit einer geringen Abweichung in Widdershausen (22 mm), eingebaut. In Thüringen wurden lichte Stababstände von 32 mm bzw. 25 mm verwirklicht. Die Rechengutentsorgung wird entsprechend den gesetzlichen Vorschriften vorgenommen. Dazu zählt auch die Weiterleitung der Schwimmstoffe, wie sie in Eschwege praktiziert werden, und wie sie im Bild 4 dargestellt ist. Die Rechenstäbe sind horizontal angeordnet, die Putzharke schiebt das Schwemmgut auf den Rechenstäben bis zum Rande des Rechens, dort werden die Schwimmstoffe im Wasser über das Wehr gespült. Eine heute nicht mehr genehmigungsfähige Form der Rechengutentsorgung wurde in der Wasserkraftanlage Rasenmühle praktiziert (Bild 5). Hier wurde das Rechengut in eine Rinne abgekippt und ins Unterwasser gespült. Heute erfolgt die Spülung des Rechenguts in einen Container.

Die Angaben zum Restwasser wurden nach der Hessischen Regelung von 1996 (Geduhn 1997) überprüft.

	Hess. Regelung	Vorschrift	Bemerkung
Bad Sooden-Allendorf	3,69	k. A.	vermutlich kleiner
Eschwege	2,61	2,76	größer
Rasenmühle	1,13	2,24	größer
Einhausen	0,59	0,32	kleiner

Tab. 3: Vergleich der Restwasserabflüsse (m³/s)

In der zweiten Spalte sind die Restwasserabflüsse mit Hilfe der Hessischen Regelung berechnet. In der dritten Spalte sind die genehmigten Restwasserabflüsse zu-

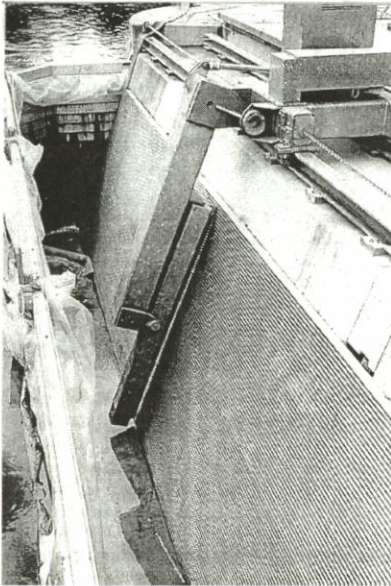


Bild 4: Rechenreinigungsmaschine der WKA Schabe in Eschwege (Pasche 1993)

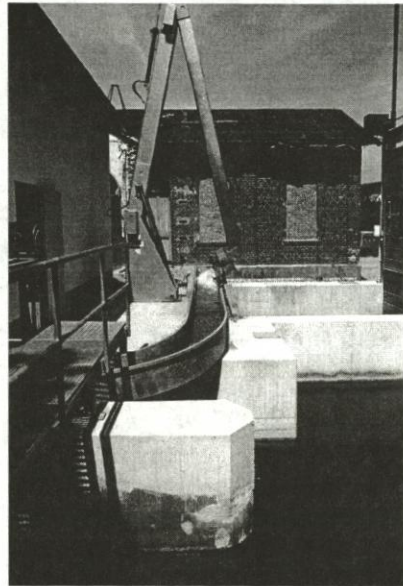


Bild 5: Rechenreinigungsmaschine mit Spülrinne der WKA Rasenmühle im Juni 1996

sammengestellt. Für die Wasserkraftanlage in Bad Sooden-Allendorf gibt es keine festgeschriebene Restwassermenge. In der Praxis dürfte vermutlich ein geringerer Abfluß als in der Hessischen Regelung vorgesehen stattfinden. In Eschwege und der Rasenmühle sind die vorgeschriebenen Restwasserabflüsse größer, in Einhausen ist der vorgeschriebene Restwasserabfluß kleiner. Für den Letzten Heller und Widdershausen sind keine Restwasserabflüsse vorgeschrieben, da es sich um Flußkraftwerke handelt. In Bad Sooden-Allendorf (Bild 6) und in Eschwege (Bild 7) macht das vorhandene mittelalterliche Betriebsgrabennetz die Aufteilung der Restwasserabflüsse etwas kompliziert. In Bad Sooden-Allendorf ist es so geregelt, daß die Flutgräben von Wehr 1, Wehr 2 und Wehr 3 im Sommer trocken fallen. Ein Restwasserabfluß wird nicht abgegeben. Am Wehr 4, dort befindet sich auch ein Beckenfischpaß, wird der Restwasserabfluß abgegeben. In Eschwege ist am großen Wehr für den Nordarm der Werra ein Abfluß von $2,76 \text{ m}^3/\text{s}$ abzugeben, an der Wasserkraftanlage Schloßmühle abgearbeitet wird, ein Restwasserabfluß von $0,1 \text{ m}^3/\text{s}$ vorgeschrieben. Durchweg haben alle Stauanlagen Fischpässe. Bei dem Beckenfischpaß der Wasserkraftanlage Letzter Heller (Bild 8) ist jedoch zu vermuten, daß die Fische den Einstieg nicht finden, da dieser sich innerhalb der stark turbulenten Zone unterhalb des Kraftwerkes befindet. Auch bei dem Beckenfischpaß in Bad Sooden-Allendorf scheint eine Überprüfung der Funktionstüchtigkeit dringend geboten. Die verbleibenden 4 Kraftwerke haben mit

Bezeichnung	Letzter Heller	Bad Sooden-Allendorf	Eschwege	Widdershausen	Rasennühle	Einhausen
Stau						
Stauerhöhung (m)	--	--	0,42 Nordarm	--	--	--
mittlere Wassertiefe (m)	> 6,0	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0	1,5 - 3,0
Beeinträchtigung durch Stau	stark	gering	gering	gering	gering	gering
Technik WKA						
Rechen	25	20	20	22	32	25
Stababstand (mm)	wird entsorgt	wird weitergeleitet	wird weitergeleitet	wird entsorgt	wird ins UW gespült	wird von Hand entsorgt/ kompostiert
Rechengut			wird entsorgt			
Hydraulik	Bioöl	Bioöl	Bioöl	Bioöl	Bioöl	Bioöl
Ausleitungsstrecke						
Restwasser Q_R (m ³ /s)	--	Flutgräben werden bei NQ nicht aufgeschlagen	Nordarm: $Q_R = 2,76$	--	$Q_R = 2,24$	$Q_R = 0,32$
		Q_R nicht festgelegt	Haarlache $Q_R = 0,1$			
		bedingt naturfern				
Struktur	--		naturnah	--	naturnah	bedingt naturfern

Tab. 2: Umweltrelevante Angaben

Bezeichnung	Letzter Heller	Bad Sooden- Allendorf	Eschwege	Widdershausen	Rasennühle	Einhausen
Durchgängigkeit Fischpaß, Lage	am KH ¹⁾ , an Schleuse	in Ausleitungs- strecke	in Ausleitungs- strecke, am KH	in Ausleitungs- strecke, am KH	am KH	in Ausleitungs- strecke, am KH
Sohlensubstrat (m)	0,2	ohne	0,2	ohne, 0,2	0,2	0,2
Fischpaß, Typ	Becken-F. Aalpaß	Becken-F.	Rampe Becken-F.	2 x Becken-F. + Aalpaß	1 x Umgehungs- gerinne	2 x Umgehungs- gerinne
Fluß-/Betriebs- graben	bedingt naturfern	bedingt naturfern	bedingt naturfern	bedingt naturfern	bedingt naturmah	bedingt naturfern

Anmerkungen zur Tafel: ¹⁾ KH = Krafthaus, ²⁾ n. b. = nicht bekannt

Tab. 2: Umweltrelevante Angaben, Fortsetzung

Ausnahme der Rasenmühle sowohl am Krafthaus als auch in der Ausleitungsstrecke Fischpässe. In Einhausen treffen sich die beiden Umgehungsgerinne unmittelbar vor der Einmündung in das Oberwasser und haben eine ausgesprochene Y-Form (Bild 9). Von den 10 Fischpässen haben 8 eine 0,2 m dicke Schicht aus lückigem, standortgerechtem Sohlensubstrat.

Weiterhin wurden die Flußabschnitte, bzw. Betriebsgräben der Kraftwerke, auf die Sohlen- und Uferstruktur sowie auf die Profilausbildung und Variabilität im Längsschnitt untersucht. Bis auf die Anlage Rasenmühle waren alle bedingt naturfern (Geduhn 1997).

3 Bewertung und Ausblick

An den sechs Beispielen werden die Randbedingungen deutlich, mit denen heute Wasserkraftnutzung verwirklicht werden kann. Durchweg war eine finanzielle Förderung Anschlag für die Sanierung bzw. Reaktivierung. So werden z. B. die WKA Rasenmühle und Einhausen durch die Deutsche Bundesstiftung Umwelt gefördert. Dazu gehört auch die Überprüfung der Durchgängigkeit mit den neuen Fischpässen. In der Regel wurde die frühere Stauhöhe nicht geändert, lediglich in Eschwege wurde eine behutsame Erhöhung am großen Wehr um 42 cm vorgesehen. Soweit neue bewegliche Verschlüsse eingebaut werden mußten, wurden Schläuche verwendet. Die einfachen Francis-Schachturbinen wurden fast durchweg durch doppelt regulierbare Kaplan-Rohrturbinen ersetzt, bei den kleineren Fallhöhen und Abflüssen in der besonderen Form der Getriebe-Rohr-Turbine, bzw. der Rohr-Turbine mit Riementrieb. Dieser z.B. von der Firma Gugler/Österreich gelieferte Maschinensatz ist kostengünstiger, läuft leiser und läßt sich einfacher reparieren als eine Getriebe-Rohr-Turbine.

Häufigster Rechentyp war der einarmige Hydraulikrechen, mit dem das Rechengut sowohl entnommen, wie auch weitergeleitet werden kann. Eine Besonderheit stellt der kathodische Korrosionsschutz bei fast allen Werrakraftwerken dar. Bei den Restwasserabflüssen macht sich bemerkbar, daß es zum Zeitpunkt des Baues noch keine einheitliche Regelung in Hessen und in Thüringen gab. Durchweg sind Fischpässe vorhanden, jedoch gibt es sowohl bei der Lage als auch bei der Bewertung der Funktionsfähigkeit noch Unsicherheiten. Geht man von der wichtigen Lockströmung aus, sollte zumindest am Kraftwerk ein Fischaufstieg in Form eines Umgehungsgerinnes gebaut werden. Wünschenswert ist der zweite Fischaufstieg am Wehr aus der Ausleitungsschrecke hinaus. Ausgezeichnete Planungshinweise liegen mit dem Merkblatt 232 des DVWK vor, die Umsetzung bereitet jedoch noch Schwierigkeiten. Sowohl die Werraabschnitte mit den Flußkraftwerken als auch die Betriebsgräben sind noch zu stark anthropogen verformt. Hier wäre eine gezieltere naturnahe Gestaltung im Zuge der Ausgleichsmaßnahmen anzustreben.

Stromerzeugung aus Wasserkraft hat einen hohen Wirkungsgrad und setzt keine Abgase frei. Die Energie erneuert sich im Rahmen des Wasserkreislaufes. Dies macht eine weitere finanzielle Förderung wünschenswert. Neben der Sanierung

und Reaktivierung alter Anlagen wäre auch der Neubau von Ausleitungskraftwerken mit Stauhöhen von 1,5 m - 3,0 m an unseren Flüssen wünschenswert. Die Beeinträchtigung des Naturhaushaltes wird sich dabei in der Regel ausgleichen lassen.

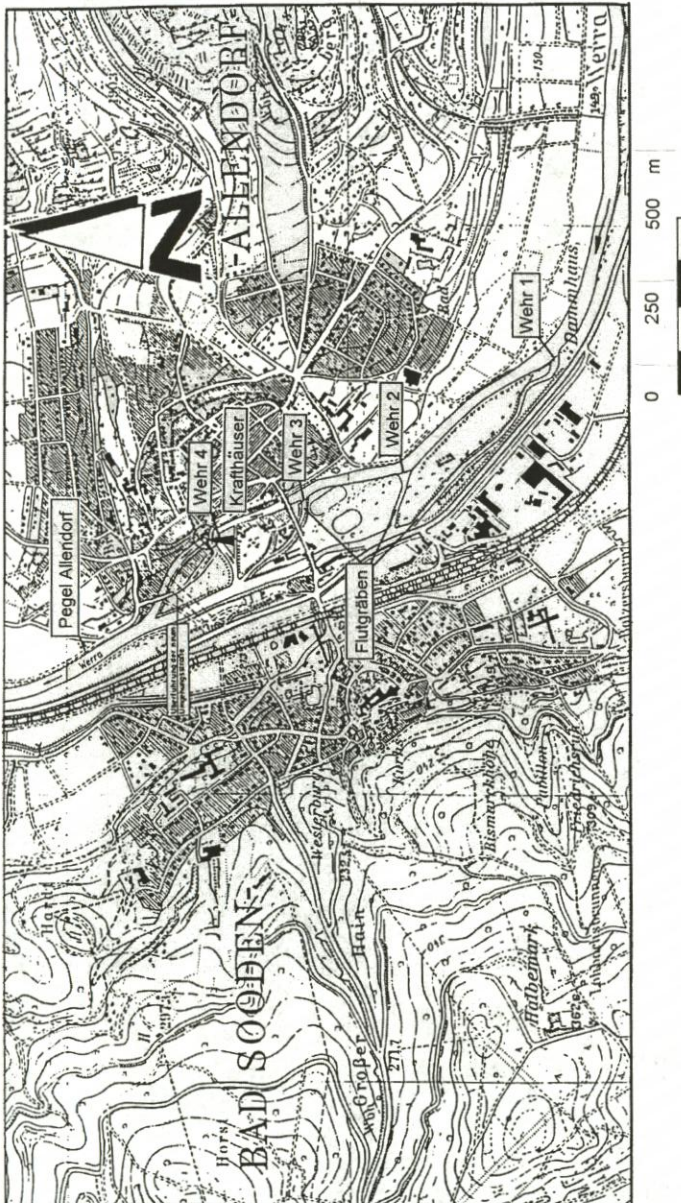


Bild 6:
Übersichtskarte
Bad Sooden-
Allendorf aus
(Geduhn 1997)

- ① WERRA (HAUPTARM)
- ② HAARLACHE
- ③ WERRA (NORDARM)

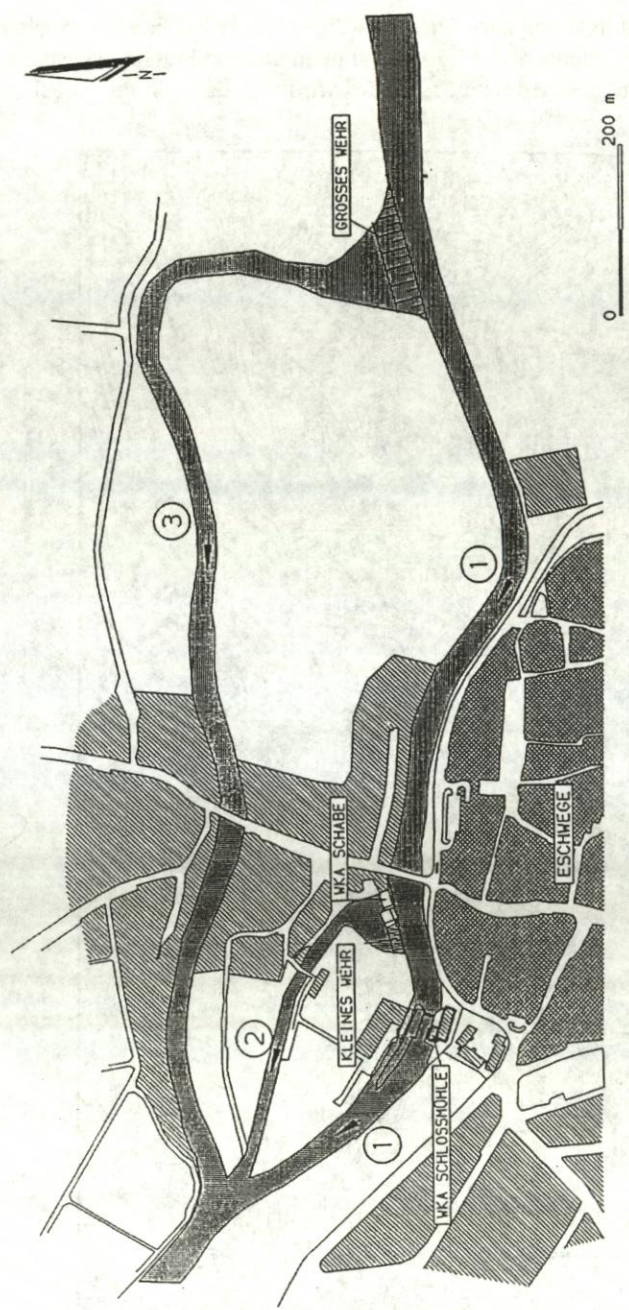


Bild 7: Übersichtslageplan Eschwege aus (Pasche 1993)

Planvorlage: Pasche (1993)

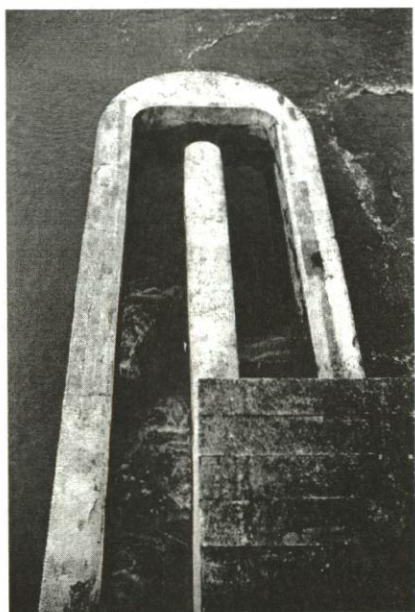
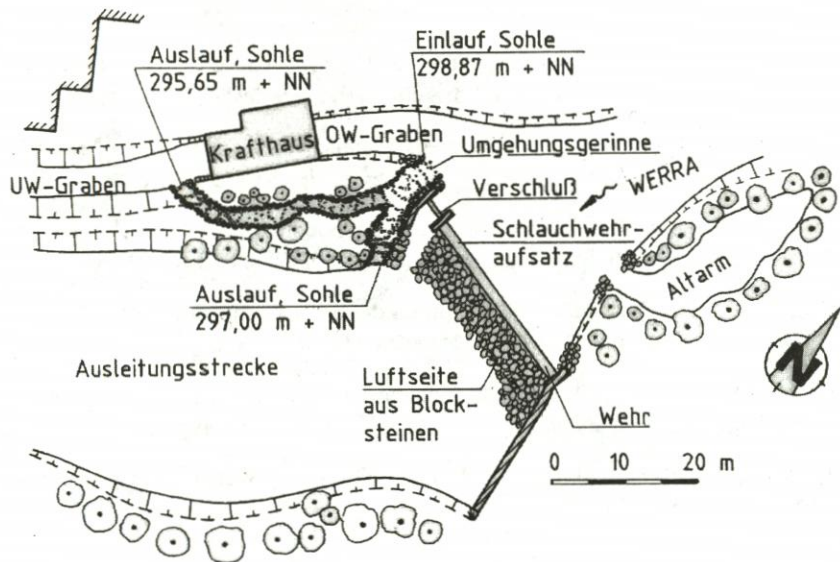


Bild 8: Auslaufwendel des Beckenfischpasses an der WKA Letzter Heller (Geduhn 1997)



PLANVORLAGE: SACHVERSTÄNDIGENBÜRO FÜR WASSERWIRTSCHAFT,
WOHLSBORN/WEIMAR

Bild 9: WKA Einhausen, Lageplan des Y-Umgehungsgerinnes

4 Schrifttum

- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), Hrsg., 1993: Salz in der Werra und Weser - Ursachen, Folgen, Abhilfe -, Bonn: Eigenverlag.
- Deutscher Verband für Wasserwirtschaft und Kulturbau (DVWK), Hrsg., 1996: Fischeaufstiegsanlagen. Merkblatt 232. Paul Parey Verlag Hamburg.
- Geduhn, M., 1997: Untersuchung zur Sanierung und Reaktivierung von Kleinwasserkraftanlagen an der Werra. Diplomarbeit 1 am Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität GH Kassel (unveröffentlicht).
- Hessisches Ministerium für Umwelt, Energie, Jugend, Familie und Gesundheit, 1996: Regelung über den in einem Fließgewässer zu belassenden Mindestabfluß bei der Entnahme und Wiedereinleitung von Wasser. Staatsanzeiger für das Land Hessen 13/1996, S. 1003-1006, Erlaß vom 13.2.1996.
- Kahlert, M., 1993: Auswirkungen der Werraversalzung auf die ökologischen Verhältnisse der Auenlandschaft des Werratales. Ökologie und Umweltsicherung 2/1993. Universität GH Kassel.
- Kaulhausen, V., 1997: Vorplanung für das Werra-Kraftwerk in Bad Sooden-Allendorf. Diplomarbeit 2 am Fachgebiet Wasserbau und Wasserwirtschaft der Universität GH Kassel (unveröffentlicht).
- Niedersächsisches Landesamt für Ökologie, Hrsg., 1995: Deutsches Gewässerkundliches Jahrbuch, Weser- und Emsgebiet 1990. Hildesheim: Eigenverlag.
- Pasche, E., 1993: Sanierung der Wasserkraftanlage Eschwege/Werra. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen Heft 1, S. 61-106. Herkules Verlag Kassel.
- Paulekat, F., 1988: Kathodischer Korrosionsschutz für die Innenflächen von Wasserkraft-Rohrmaschinen. IR international. Heft 5/1988, S. 356-359.
- Röttcher, K., 1995: Ausbau der Werra durch die hessischen Landgrafen. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen, Heft 4, S. 169-184. Herkules Verlag Kassel.
- Schultze, D., 1993: Fischeauf- und -abstieg an Wasserkraftanlagen. Kasseler Wasserbau-Mitteilungen, Heft 1, S. 117 - 132. Herkules Verlag Kassel.
- Zeller, A., 1996: Reaktivierung der Rasenmühle an der Werra. Wassertriebwerk 4/1996, S. 55 - 59.