Bewässerungswasserqualität – Hygienische und chemische Belange

Dr. Ingrid Pfleger [1]

1 Einführung

In Deutschland werden mehr als 550.000 ha landwirtschaftliche Nutzfläche bewässert. Die Tendenz ist steigend (Fricke, 2008). Das Wasser steht in unterschiedlichen Herkünften zur Verfügung. Die Wasserentnahme für Bewässerungsmaßnahmen erfolgt länderspezifisch. In Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Bayern und Hessen wird das Bewässerungswasser zu 80 bis 90 % aus Grundwasservorkommen, dagegen in Thüringen, Sachsen und Mecklenburg zum analogen Anteil aus Oberflächengewässern (Speichern, Seen und Fließgewässern) verwendet.

Allgemein kann nach der Herkunft des Wassers eine Grobeinschätzung der Qualität vorgenommen werden (Tabelle 1). Das Grundwasser wird durch den Gesetzgeber unter besonderen Schutz gestellt und verfügt in der Regel über eine gute bis sehr gute Qualität. Wasser aus den stehenden Gewässern (Stauanlagen, Kiesgruben, Teiche) besitzt meist eine ausreichende Qualität für die Bewässerung von Gemüse, Obst, landwirtschaftliche Fruchtarten und Sonderkulturen. Im Vergleich dazu enthalten die Fließgewässer oft große Verunreinigungen und erfüllen insbesondere die bakteriologischen Güteanforderungen meist nicht.

Tabelle1
Allgemeine Bewertung wichtiger Wasserherkünfte zur Bewässerung

Wasserherkunft	Qualitätsbewertung
Wasser aus Brunnen	Im allg. gute bis sehr gute Qualität
Wasser aus stehenden Gewässern (Stauanlagen, Kiesgruben, Teiche)	Im allg. ausreichende Qualität
Wasser aus Fließgewässern	Häufig Gefahr der Verunreinigung, große zeitliche Unterschiede in den chemischen und biologischen Kennwerten sowie zwischen den einzelnen Gewässern

2 Bedeutung der Wasserqualität für die Gemüseproduktion

Gemüse dient der menschlichen Ernährung. Die Inhaltsstoffe und anhaftende Substanzen sowie Mikroorganismen sind deshalb, insbesondere beim Rohverzehr von frischen Erzeugnissen, von großer Bedeutung. Eine Bewässerungsmaßnahme mit verschmutztem Wasser kann unter Umständen zu Kontaminationen der Pflanzen mit pathogenen Mikroorganismen führen. Der überwiegende Teil chemischer Inhaltsstoffe übt keine Schadwirkung aus. Hohe Konzentrationen können aber den Pflanzenwuchs beeinflussen oder im Boden sowie in Mensch und Tier akkumuliert werden (Blei, Cadmium und Quecksilber). Doch auch Inhaltsstoffe im Wasser, die für den Menschen unproblematisch sind, wie Kalzium und Eisen, können die Vermarktung in Frage stellen, wenn sie das Aussehen der Produkte negativ beeinflussen.

Im Rahmen der Produkthaftung ist der Erzeuger von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Kulturen verpflichtet, während des Produktionsprozesses keine gesundheitsschädigende Beeinflussung zuzulassen (Produkthaftungsgesetz, 1989). Bereits heute und zunehmend unter Berücksichtigung der klimatischen Veränderungen werden Bewässerungsmaßnahmen für einige Fruchtarten unentbehrlich und zu einem festen Bestandteil des Anbauverfahrens. Das Wasser als Wachstumsfaktor, einschließlich des Zusatzwassereinsatzes, dient vordergründig zur Stabilisierung der Erträge auf einem hohen wirtschaftlichen Niveau, aber auch der Qualitätssicherung der beregnungswürdigen Fruchtarten für eine markt- und umweltgerechte Produktion, insbesondere im Vertragsanbau. Bei der Produktion von frischem Gemüse und Obst sind unter dem Aspekt der Produkthaftung und Vorsorge für die Konsumenten durch den Betreiber von Bewässerungsanlagen die quantitativen und qualitativen Anforderungen an das verwendete Wasser zu erfüllen. Das Einhalten von Bewertungsmaßstäben aus Normen, Verordnungen und Gesetzen gibt den Produzenten eine hohe Sicherheit im Rahmen des Verbraucherschutzes.

[1] Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL), Naumburger Straße 98, 07743 Jena, ingrid.pfleger@tll.thueringen.de.

3 Bewertung der Wasserqualität für die Bewässerung

Die Beurteilung der Beregnungswasserqualität setzt Bewertungsmaßstäbe voraus. Für eine Bewertung der Beregnungswasserqualität lagen bis Anfang 1999 keine bundeseinheitlichen Richtlinien und Kriterien vor. In der DIN 19650 „Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser“ (1978) war nur ein hygienisch unbedenkliches bzw. bedenkliches Wasser formuliert.

Die zweite Fassung der **DIN 19650 (1999)** gliedert die hygienisch-mikrobiologischen Parameter nach vier Eignungsklassen (EK) zur Anwendung von Bewässerungswasser für Gewächshaus- und Freilandkulturen.

Nach der in der DDR gültigen TGL 6466 (1986) erfolgte die Einstufung des Bewässerungswassers nach biologischen und chemischen Parametern in jeweils fünf Eignungsklassen. Aufgrund der Regierungserklärung vom Juli 1990 haben jedoch alle TGL nur noch den Status von Empfehlungen.

Im Ministerialblatt Nordrhein-Westfalen wurden Güteanforderungen an Beregnungswasser für Freilandkulturen als Entscheidungshilfe (1991) formuliert.

Der Arbeitsbehelf des Österreichischen Wasser- und Abfallwirtschaftsverbandes (2003) beinhaltet bei der Wasserbeschaffenheit qualitative und quantitative Aspekte und berücksichtigt chemisch-physikalische und mikrobielle Anforderungen.

Der unbefriedigende Zustand der Bewertung der Qualität von Bewässerungswasser war Anlass, in der Thüringer Landesanstalt für Landwirtschaft (TLL) Jena „Empfehlungen für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung gärtnerischer und landwirtschaftlicher Fruchtarten in Thüringen“ (Albrecht und Pfleger, 1997) zu erarbeiten. Zur Qualitätsbeurteilung von Bewässerungswasser werden für die chemischen und sonstigen Parameter Toleranzbereiche und für die mikrobiologischen Kenngrößen Richtwerte in vier Eignungsklassen empfohlen. Sie haben analog zu den Richtwerten anderer Qualitätsbeurteilungen, wie in der Lebensmittelindustrie, prinzipiell keinen bindenden, sondern nur orientierenden Charakter. Die aktualisierten **Empfehlungen** (Albrecht und Pfleger, 2004) berücksichtigen auch die Anforderungen des Bodenschutzes an Bodenfunktionen und Nutzpflanzen nach dem BBodSchG (1998) und der BBodSchVO (1999) sowie die bisherigen Untersuchungsergebnisse aus dem Beregnungswassermonitoring in Thüringen (Pfleger und Albrecht, 2003). Darüber hinaus beinhalten die Empfehlungen auch Hinweise zu den Wasserprobenahmen zu Untersuchungsprogrammen (Beprobungszeiten und -umfang) und Einsatzmöglichkeiten des qualitativ unterschiedlichen Bewässerungswassers.

Heute wird oft noch wegen mangelnder Kenntnisse über spezifische Bewertungsmethoden davon ausgegangen, dass die Wasserqualitätsanforderungen für Trinkwasser auch an das Beregnungswasser zu stellen sind. Eine Übernahme der Qualitätsparameter von Trink- und Badewasser auf das Bewässerungswasser erscheint jedoch nicht gerechtfertigt, da der direkte Kontakt von Wasser und Mensch beim Beregnen nicht oder nur in Ausnahmefällen gegeben ist.

3.1 Mikrobiologische Kriterien

Mit den bakteriologischen Parametern werden hygienische Aspekte charakterisiert. Im Allgemeinen ist Bewässerungswasser als hygienisch unbedenklich zu bezeichnen, wenn es Krankheitserreger oder Stoffe nicht oder nur in Konzentrationen enthält, die Mensch und Tier nicht schädigen.

Die mikrobiologisch-hygienische Wasseruntersuchung umfasst den Nachweis spezieller Keimarten als Verschmutzungsindikatoren. Zur Anwendung kommen Fäkalstreptokokken und Escherichia coli (E. coli). Sie sind als Indikatorbakterien selbst nicht pathogen, lassen aber aufgrund ihres Auftretens bei hohen Belastungen auf pathogene Keime schließen. Der Nachweis pathogener Keime dagegen ist aufwändig und eignet sich nicht für Routinekontrollen.

Salmonellen dürfen nicht im Beregnungswasser nachweisbar sein. Bei begründetem Verdacht auf Vorhandensein von potenziell infektiösen Stadien von Mensch- und Haustierparasiten im Beregnungswasser kann eine entsprechende Untersuchung angeordnet werden.

Für die Qualitätsbeurteilung von Bewässerungswasser sind die bakteriologischen Kriterien von ausschlaggebender Bedeutung. Diese werden in vier Eignungsklassen (EK) eingeteilt. Tabelle 2 beinhaltet die hygienisch-mikrobiologische Klassifizierung und die Anwendungsbedingungen von Bewässerungswasser für den Gartenbau.

Tabelle 2
Hygienisch-mikrobiologische Klassifizierung und Anwendungsbedingungen von Bewässerungswasser

Eignungstest (EK)	Anwendungsbereiche für Fruchtarten	Einschränkungen/ Hinweise	Nichtanwendung	Biologische Kenngrößen		
				Fäkalstreptokokken je 100 ml	E. coli je 100 ml	Salmonellen[1] je 1.000 ml
1	Alle Gewächshaus- und Freilandkulturen			nicht nachweisbar		
2[2]	Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr			≤ 100[4]	≤ 200[4]	nicht nachweisbar
3[2]	Nicht zum Verzehr bestimmte Gewächshauskulturen		Für Gewächshauskulturen und Rohverzehr in den Karenzzeiten	100 bis 400	200 bis 2.000	nicht nachweisbar
	Freilandkulturen für den Rohverzehr (Gemüse und Obst)	Gemüse bis 2 Wochen vor Ernte, Obst bis Fruchtansatz				
	Gemüse und Obst zur Konservierung und Lagerung					
	Heil- und Gewürzpflanzen					
	Alle anderen Freilandkulturen					
4[2,3] nach DIN 19650 (1999)	Kartoffeln, Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut	Bis 2 Wochen vor der Ernte	Gewächshauskulturen, Obst, Gemüse - in den Karenzzeiten	Abwasser, das mindestens eine biologische Reinigungsstufe durchlaufen hat		
	Wein- und Obstkulturen	Frostschutzberegnung				
4[2,3] nach Empfehlung TLL (2004)	Heil- und Gewürzpflanzen	bis 2 Wochen vor der Ernte	Gewächshauskulturen, Obst, Gemüse - in den Karenzzeiten	> 400[5]	> 2.000[5]	nicht nachweisbar
	Kartoffeln, Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut					
	Wein- und Obstkulturen	Frostschutzberegnung				

1) Salmonellen und potenziell infektiöse Stadien von Mensch- und Haustierparasiten dürfen nicht im Bewässerungswasser in 1.000 ml nachweisbar sein.
2) Wenn durch das Bewässerungsverfahren eine Benetzung der zum Verzehr geeigneten Teile der Ernteprodukte ausgeschlossen ist, entfällt eine Einschränkung nach hygienisch-mikrobiologischen Eignungsklassen.
3) Bei der Beregnung muss durch Schutzmaßnahmen sichergestellt werden, dass Personal und Öffentlichkeit keinen Schaden nehmen.
4) Richtwert, der analog der TrinkwV § 2 Abs. 3 [3] so weit unterschritten werden sollte, „wie dies nach dem Stand der Technik mit vertretbarem Aufwand unter Berücksichtigung der Umstände des Einzelfalles möglich ist".
5) Die 10-fache Menge sollte nicht überschritten werden.

Wasser der EK 1 verfügt über die beste Qualität und ist der von Trinkwasser gleichzusetzen. Es muss frei von Krankheitserregern sein. Fäkalstreptokokken und E. coli dürfen nicht nachweisbar sein.

Im Bewässerungswasser mit EK 2 sind geringe Besatzdichten an Indikatorbakterien erlaubt (Richtwert von ≤ 100 KBE/100 ml für Fäkalstreptokokken und ≤ 200 KBE/100 ml für E. coli – KBE = Kolonie Bildende Einheiten). Ungeachtet dessen kann das Wasser für alle Möglichkeiten der Bewässerung und bei allen Fruchtarten einschließlich Rohverzehr verwendet werden.

In EK 3 wird eine Differenzierung des Anwendungsbereiches zwischen Gewächshaus- und Freilandkulturen und bei Freilandkulturen für Gemüse und Obst zwischen Rohverzehr und zur Konservierung und Lagerung vorgenommen. Dieses Wasser kann für den Frischmarktanbau von Gemüse und Obst nur bei Einhalten einer Karenzzeit von zwei Wochen zwischen der letzten Wassergabe und der Ernte verwendet werden. Für Gemüse und Obst zur Konservierung und Lagerung bestehen jedoch in EK 3 keine Einschränkungen. Der Beregnungswassereinsatz mit dieser EK kann auch zu allen anderen

Freilandkulturen einschließlich Heil- und Gewürzpflanzen ohne Begrenzungen erfolgen.

Mit einer Wasserqualität von EK 4 darf Gemüse prinzipiell nicht bewässert werden. Bewässerungswasser dieser EK ist jedoch mit einer Karenzzeit von zwei Wochen für Heil- und Gewürzpflanzen, Kartoffeln sowie Nichtnahrungspflanzen zur industriellen Verarbeitung und Saatgut verwendbar. Die Frostschutzberegnung in Wein- und Obstkulturen ist ebenfalls möglich.

In der EK 4 ist darauf zu verweisen, dass in der DIN 19650 (1999) keine Kenngrößen für die Indikatorbakterien aufgeführt werden. Es wird verbal auf die Anwendung von Abwasser, das mindestens eine biologische Reinigungsstufe durchlaufen hat, hingewiesen. Nach den Empfehlungen der TLL (Albrecht und Pfleger, 2004) sind die Richtwerte für Indikatorbakterien nach oben offen. Der zehnfache Wert an Bakterienbesatzstärken der EK 3 sollte jedoch nicht überschritten werden.

Der Nachweis von Salmonellen im Bewässerungswasser ist nach der DIN 19650 (1999) zu erbringen. Dieser Untersuchungsaufwand wird erst bei Verdacht auf Abwassereinleitungen oder bei einer 5-fachen Besatzdichte der Indikatorbakterien der EK 3 für erforderlich gehalten (Pfleger und Albrecht, 2003).

Es ist darauf hinzuweisen, dass die Einschränkungen nach den genannten hygienisch-mikrobiologischen Eignungsklassen entfallen, wenn durch das Bewässerungsverfahren eine Benetzung der zum Verzehr geeigneten Teile der Ernteprodukte ausgeschlossen ist.

3.2 Chemische Kriterien

Die chemische Beschaffenheit bestimmt ebenfalls die Eignung des Wassers zur Bewässerung, zur Gesunderhaltung des Bodens und zur Vermeidung von Grundwasserbelastungen. Die Untersuchung chemischer Parameter dient der allgemeinen Beurteilung des Wassers. Eine negative Einflussnahme bei hohen Konzentrationen einzelner Inhaltsstoffe (Salze, Schwermetalle) auf Pflanze, Boden, Mensch und Tier ist jedoch nicht auszuschließen.

Die Anforderungen an die Wasserqualität im Gartenbau und Landwirtschaft hängen von dem Anbauprogramm sowie den Kultur- und Bewässerungsverfahren ab. Äußere Merkmale wie Farbe und Geruch des Wassers geben zunächst noch keine Anhaltspunkte für die Eignung des Wassers.

Die Bedeutung des pH-Wertes eines Wassers wird häufig überbewertet. Bedenken gegen einen hohen pH-Wert bestehen nur bei hoher Karbonathärte.

Die Leitfähigkeit stellt das Maß für den Gesamtsalzgehalt dar. Unter Bezugnahme auf die pflanzenspezifische Salzverträglichkeit kann Wasser mit erhöhten Salzgehalten vorzugsweise für salztolerante Fruchtarten verwendet werden. Andererseits ist dieses salzhaltige Wasser mit Wasser geeigneter Wasserqualität zu verschneiden.

Ferner ist auf den Gehalt an Nitrat im Beregnungswasser hinzuweisen. Dieser muss bei der Düngungsempfehlung und somit bei der Stickstoffdüngung im Zusammenhang mit den Bewässerungsmaßnahmen berücksichtigt werden. Höhere Nitratkonzentrationen haben eine düngende Wirkung. Sie stellen für das Düngungsregime sogar einen kostensparenden Effekt dar. Bei einem Zusatzwassereinsatz von 100 mm mit einem Nitratgehalt von 200 mg/l werden dem Boden und den Pflanzen etwa 45 kg N/ha zugeführt.

Die Aufwandmenge an Zusatzwasser und die Anzahl der jährlichen Bewässerungsgaben am gleichen Standort können Einfluss auf Anreicherungsvorgänge chemischer Inhaltsstoffe insbesondere für Schwermetalle oder bei sehr salzhaltigem Wasser nehmen. Mit ihrer Begrenzung ist eine Kontamination des Bodens auszuschließen, die sonst über den Wirkungspfad Boden – Grundwasser – Nutzpflanze – Mensch wirksam werden könnte. Albrecht und Pfleger (2004) führen in den Empfehlungen für die chemischen Parameter einschließlich Schwermetalle und weitere Kennwerte Toleranzbereiche auf (Tabelle 3). Sie basieren auf den Anforderungen zur Vermeidung oder Verminderung von Stoffeinträgen gemäß BBodSchV (1999) und überschreiten nicht die zulässigen Frachten an Schadstoffen. Dabei ist eine jährliche Zusatzwassermenge von mindestens 200 mm auf der gleichen Fläche unterstellt.

Schnelltests während der Probenahme sind zur Vorprüfung der chemischen Wasserqualität geeignet. Einzelne Parameter, wie elektrische Leitfähigkeit, pH-Wert, Nitrat- und Sulfatkonzentration lassen sich leicht vor Ort ermitteln. Diese Ergebnisse ermöglichen eine Sofortbewertung dieser Parameter und liefern Informationen für die anschließenden Wasseranalysen in anerkannten Labors.

Tabelle 3
Toleranzbereiche für chemische und sonstige Parameter im Bewässerungswasser

Chemische und weitere Kenngrößen			Schwermetalle		
	Toleranzbereiche	Maßeinheit		Toleranzbereiche	Maßeinheit
Kalium	# 200	mg/l	Blei	# 100	Φg/l
Natrium	# 100	mg/l	Cadmium	# 4	Φg/l
Chlorid	250/500 [1)]	mg/l	Chrom	# 100	Φg/l
Sulfat	# 1.200	mg/l	Eisen	# 1.500	Φg/l
Nitrat	# 300	mg/l	Kupfer	# 100	Φg/l
pH-Wert	5,0-9,5		Mangan	# 1.500	Φg/l
Wasserhärte	30/60	°dH	Nickel	# 40	Φg/l
Leitfähigkeit	2.000/3.000 [1)]	ΦS/cm	Quecksilber	# 0,5	Φg/l
			Zink	# 300	Φg/l

1) Salzempfindliche/salzunempfindliche Pflanzen.

4 Untersuchungsergebnisse zur Qualität Thüringer Gewässer

Das „Monitoring für Beregnungswasserqualität in Thüringen“ wurde 1998 als Arbeitsthema in das Projekt „Agrarmonitoring“ der TLL aufgenommen. Es umfasst insgesamt 40 Messstellen (Abbildung 1).

Nachfolgend werden langjährige bakteriologische und chemische Untersuchungsergebnisse ausgewählter Thüringer Gewässer vorgestellt und die Resultate der analysierten Fließgewässer, stehenden Gewässer und Grundwassermessstellen als Eignungsklassen (EK) zusammengefasst. Es ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den Wasseranalysen um Stichproben handelt (in der Regel drei Proben pro Jahr) und die Untersuchungsergebnisse damit grundsätzlichen Aussagewert besitzen.

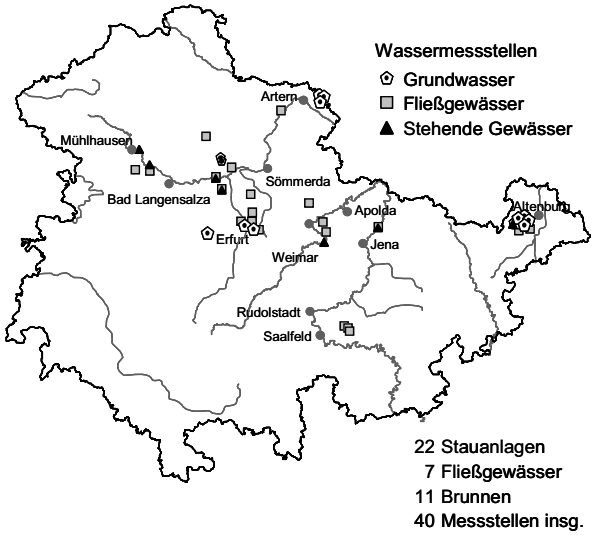

Abbildung 1
Messstellen des Monitoring für Beregnungswasserqualität in Thüringen

4.1 Mikrobiologische Untersuchungsergebnisse

Abbildung 2 zeigt die aus hygienischer Sicht oft nicht ausreichende Wasserqualität ausgewählter Thüringer Fließgewässer für den Beregnungswassereinsatz. Der Richtwert von Fäkalstreptokokken der EK 2 wird meist und der EK 3 sehr oft überschritten. Wasser mit EK 3 ist für den Einsatz zur Frischmarktproduktion von Gemüse und Obst nur in eingeschränkter Form unter Einhaltung von Karenzzeiten bis zwei Wochen, jedoch zur Konservierung und Lagerung geeignet.

Gegenüber den Fließgewässern verfügen die untersuchten stehenden Gewässer (Speicher, Kiesgruben und Teiche) über eine zur Beregnung von Freiland- und Gewächshauskulturen für den Rohverzehr meist geeignete Wasserqualität (Abbildung 3). Der Richtwert von Fäkalstreptokokken der EK 2 wird selten überschritten und die bakteriologische Belastung von EK 3 nicht erreicht.

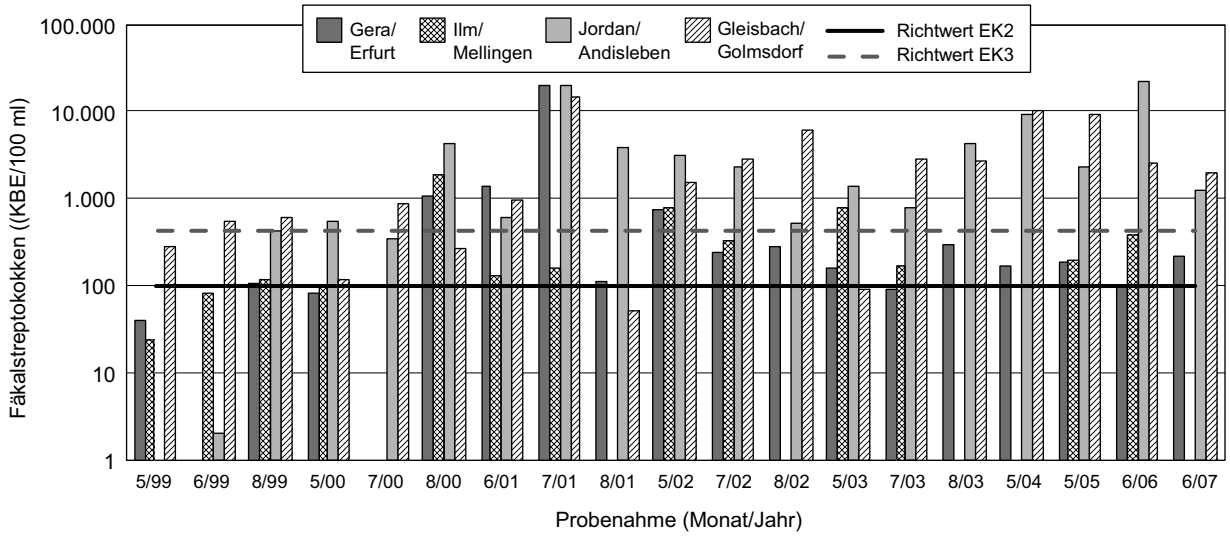

Abbildung 2
Besatzdichten an Fäkalstreptokokken in ausgewählten Thüringer Fließgewässern

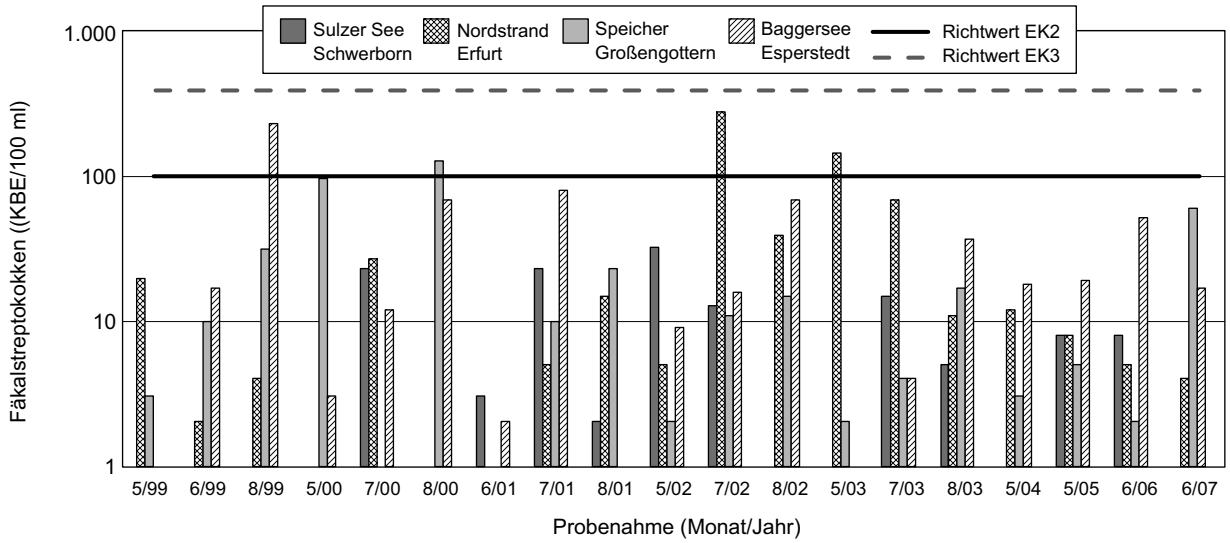

Abbildung 3
Besatzdichten an Fäkalstreptokokken in ausgewählten stehenden Gewässern

Das Brunnenwasser der Grundwassermessstellen ist nach den sehr geringen Bakteriendichten fäkaler Art und häufig „nicht nachweisbar“ mit EK 1 bis 2 für Beregnungsmaßnahmen zur Frischvermarktung von allen Gewächshaus- und Freilandkulturen uneingeschränkt einsetzbar (Abbildung 4).

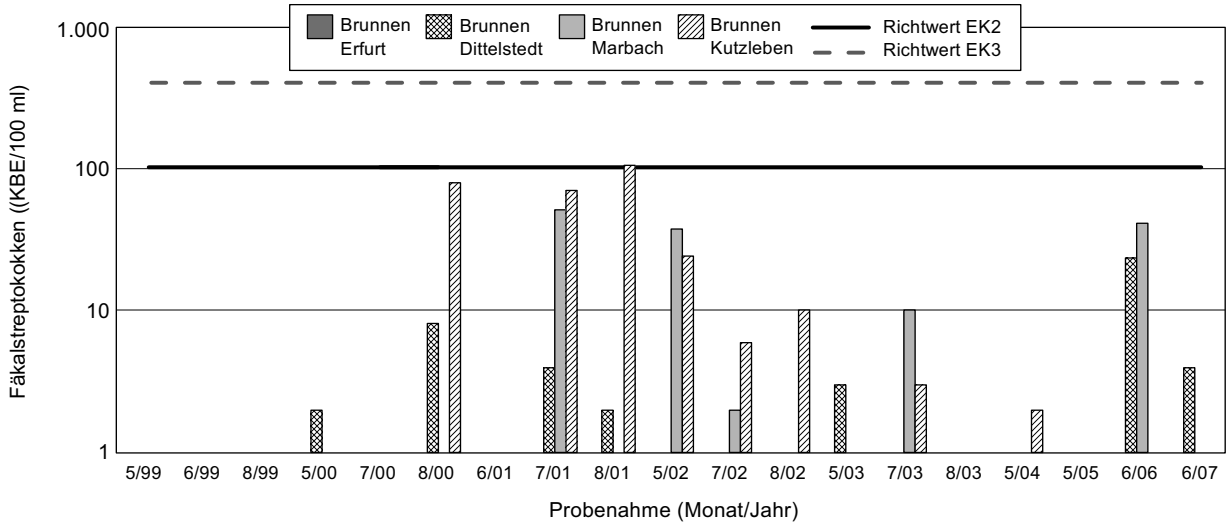

Abbildung 4
Besatzdichten an Fäkalstreptokokken in ausgewählten Grundwassermessstellen

Die langjährig zusammengefassten Untersuchungsergebnisse aller Messstellen in Tabelle 4 zeigen, dass die bakteriologische Wasserqualität der Thüringer Fließgewässer aufgrund zahlreicher Einflussgrößen nach wie vor stark variiert, in EK ∃3 bis 4 einzuordnen und somit für die Beregnung zur Frischmarktproduktion nicht und nur anteilig in eingeschränkter Form zur Konservierung und Lagerung geeignet ist. Die geprüften stehenden Gewässer einschließlich Zwischenspeicher verfügen über eine um etwa eine EK bessere Wasserqualität gegenüber der fließenden Welle und sind folglich in EK 2 für Beregnungsmaßnahmen aller Kulturen auch zum Rohverzehr verwendbar. Alle Grundwassermessstellen haben eine hohe Qualität mit unbegrenzten Einsatzmöglichkeiten.

Tabelle 4
Bewertung der bakteriologischen Wasserqualität der untersuchten Thüringer Gewässer nach DIN 19650 (1999) und Empfehlungen der TLL (2004) von 1994 bis 2007

Gewässerart	Gewässeranzahl (insgesamt)	Mittlere Eignungsklasse (EK)
Fließgewässer	n = 25	3,42
Stehende Gewässer	n = 28	2,39
Grundwasser	n = 24	1,69

4.2 Chemische Untersuchungsergebnisse

Nach den langjährigen Analysenergebnissen von 1994 bis 2007 wurden in allen beprobten Gewässern in Bezug zu den Empfehlungen der TLL (Albrecht und Pfleger, 2004) die Toleranzbereiche für die ausgewählten Kationen, Anionen und sonstigen Parameter oft weitgehend unterschritten – bis auf wenige Ausnahmen mit hohen Salzgehalten bei einzelnen Standgewässern und den Grundwassermessstellen (Tabelle 5). Wasser mit erhöhten Salzgehalten sollte für salzverträgliche Fruchtarten eingesetzt werden. Anderenfalls wird ein Verschneiden mit geeignetem Wasser für salzempfindliche Pflanzen empfohlen.

Eine Schwermetallbelastung konnte in den Thüringer Gewässern im Untersuchungszeitraum nicht nachgewiesen werden. Unter Berücksichtigung der Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte des BBodSchG (1998) wurden die in der BBodSchVO (1999) fixierten zulässigen jährlichen Frachten an Schadstoffen über alle Wirkungspfade nicht überschritten. In der Größenordnung entsprechen die gemessenen Schwermetallkonzentrationen nach dem Basismessnetz der TLUG der natürlichen Verbreitung.

Tabelle 5
Mittlere und maximale Gehalte an chemischen und sonstigen Parametern in den untersuchten Thüringer Gewässern von 1994 bis 2007 und Toleranzbereiche der Empfehlungen der TLL

Parameter	Maß-einheit	Mittlere/Maximale Gehalte an Inhaltsstoffen						Toleranzbereich[1] (Empfehlung, 2004)
		Fließgewässer Mittel / Max.		Standgewässer Mittel / Max.		Grundwasser Mittel / Max.		
Pflanzennährstoffe								
Kalium	mg/l	8	30	11	48	7	15	# 200
Natrium	mg/l	61	100	45	226	61	280	# 100
Salze								
Chlorid	mg/l	90	220	90	243	92	284	# 250[2] / 500
Nitrat	mg/l	24	56	15	106	52	211	# 300
Sulfat	mg/l	288	700	386	1.367	523	1.530	# 1.200
Weitere Kennwerte								
pH-Wert		8,1	8,7	7,8	9,4	7,6	8,4	5,0...9,5
Leitfähigkeit	(ΦS/cm)	1.195	2.000	1.251	3.140	1.555	3.310	2.000[2] / 3.000
Wasserhärte	°dH	29	53	34	86	45	106	30 / 60
Schwermetalle/Spurenelemente								
Blei	Φg/l	0,8	7	1,3	12	0,5	5	# 100
Cadmium	Φg/l	0,3	2	0,3	2	0,2	0,7	# 4
Chrom	Φg/l	2,1	14	2,7	14	5,4	21	# 100
Eisen	Φg/l	50	390	77	800	65	1.090	# 1.500
Kupfer	Φg/l	3,5	21	3,2	25	2,8	29	# 100
Mangan	Φg/l	38	100	92	1.000	91	652	# 1.500
Nickel	Φg/l	2,4	19	2,2	29	2,5	22	# 40
Quecksilber	Φg/l	0,04	0,07	0,04	0,2	0,02	0,1	# 0,5
Zink	Φg/l	13	230	20	289	37	328	# 300

1) Bei 200 mm Zusatzwasser pro Jahr in Folge.
2) Als Orientierung für Fruchtarten mit geringer bis mittlerer Salzverträglichkeit.

5 Schlussfolgerungen

- Eine qualitäts- und umweltgerechte Produktion insbesondere zur Frischvermarktung von Gemüse, Obst u. a. beregnungswürdigen Kulturen erfordert eine pflanzenbedarfsgerechte Bewässerung und nach den Anforderungen des Produkthaftungsgesetzes und des Verbraucherschutzes einen Nachweis für den Einsatz von hygienisch und chemisch unbedenklichem Beregnungswasser.
- Die Qualität des Beregnungswassers muss den nationalen Anforderungen für Bewässerungswasser nach der DIN 19650 (1999) bzw. im Ausland analogen Vorschriften entsprechen. Dazu können Analysen, die im Rahmen von Trink-, Bade- oder Oberflächenwasserüberwachung vorliegen, verwendet werden.
- Die Analysenergebnisse der Thüringer Fließgewässer weisen langjährig zu hohe bakteriologische Belastungen aus und erfordern Maßnahmen zur Verbesserung der Wasserqualität wie Zwischenspeicherung, Boden- und Sandfilter, Pflanzenkläranlagen und das Verschneiden unterschiedlicher Wasserquellen mit geeigneter Qualität.

Literaturverzeichnis

Albrecht M, Pfleger I (1997, 1999, 2004) Empfehlungen für die Untersuchung und Bewertung von Wasser zur Bewässerung von gärtnerischen und landwirtschaftlichen Fruchtarten in Thüringen. Thür. Landesanstalt für Landwirtsch. Jena, 1. bis 3. Auflage, Eigenverlag, 21 S.

Fricke E (2008) Mit Beregnung das Ertragsrisiko senken. top agrar H. 12, S. 100-103

Pfleger I, Albrecht M (2003) Monitoring für Beregnungswasserqualität in Thüringen. Arbeitsbericht, Thür. Landesanstalt für Landwirtsch. Jena, Eigenverlag, 80 S.

Bundes-Bodenschutzgesetz (1998) Gesetz zum Schutz vor schädlichen Bodenveränderungen und zur Sanierung von Altlasten (BBodSchG). Bundesgesetzblatt Jahrgang 1998, Teil I, Nr. 16, Bonn, 24. März 1998

Bundes-Bodenschutz- und Altlastenverordnung (1999) BBodSchV - Anhang 2: Maßnahmen-, Prüf- und Vorsorgewerte. Bundesgesetzblatt Jahrgang 1999, Teil I, Nr. 36, Bonn, 16. Juli 1999

Deutsche Norm DIN 19650 (1999) Bewässerung – Hygienische Belange von Bewässerungswasser. Normenausschuss Wasserwesen im Deutschen Institut für Normung e.V., Beuth Verlag GmbH, Berlin, 4 S.

Fachbereichsstandard TGL 6466/01 (1986) Meliorationen – Bewässerung landwirtschaftlicher Nutzflächen – Güteanforderungen an Bewässerungswasser. Verlag Standardisierung Leipzig, 8 S.

Gesetz über die Haftung für fehlerhafte Produkte (1989) Produkthaftungsgesetz. Bundesgesetzblatt I, Bonn, 15. Dez. 1989, 2198-2200

Ministerialblatt für das Land Nordrhein-Westfalen (1991) Güteanforderungen an Beregnungswasser für Freilandkulturen. Nr. 42, S. 863-873

ÖWAV-Arbeitsbehelf (2003) Empfehlungen für Bewässerungswasser. Österreichischer Wasser- und Abfallwirtschaftsverband – Arbeitsbehelf Nr. 11, Wien, 43 S.