

# Forstökologische Beweissicherung Hessisches Ried

Carsten Jacobsen und Thomas Ullrich

*Im Zusammenhang mit der Anlage von Grundwasserförderbrunnen und der Steigerung der Grundwasserförderung ab 1964 im südlichen Hessischen Ried wurde 1968 mit einem umfangreichen forstökologischen Untersuchungsprogramm begonnen. Bis 1999 gingen drei Zwischenberichte der Hessischen Forsteinrichtungsanstalt in Gießen [4, 5, 6] sowie zahlreiche Einzeluntersuchungen und Entschädigungsregelungen aus diesem Programm hervor. Im Februar 2010 wurde der 4. Bericht zur „Forstökologischen Beweissicherung Hessisches Ried“ vorgelegt. Die Hauptergebnisse werden hier vorgestellt.*

## Der Forstliche Standort und seine Veränderungen

Das Klima im Untersuchungsraum ist sommerwarm und lufttrocken. Die Klimatische Wasserbilanz in der forstlichen Vegetationszeit (Mai bis September) beträgt im langjährigen Durchschnitt - 180 mm. Die

Vegetationszeit dauert durchschnittlich 180 Tage.

Die förderlichen Aspekte dieses warmen Klimas können nur dort zur Wirkung kommen, wo das Baumwachstum durch erreichbares Grundwasser begünstigt wird. Ansonsten bewirken die Klimabedingungen häufige Trockenstress-Situationen.

Die Geologie des Untersuchungsraumes ist geprägt durch den Rheingrabenbruch und ergibt sich aus der Lage zwischen dem ehemaligen Flussbett des Neckars und dem Rhein (89 bis 93 m ü.NN). Bodenschichtungen und -texturen wechseln stark zwischen tonigen, lehmigen, schluffigen und sandigen Substraten. In Verbindung mit lehmhaltigen Schichten treten vielerorts feinkörnige carbonathaltige Schwemmsande auf (Rheinweiß). In Tiefen von zu-

meist 2 und 2,5 m unter Flur stehen größere Terrassensande und Kiese an.

Die Grundwasserverhältnisse boten vor Beginn der Grundwasserförderung (mit mittleren Juli-Grundwasserständen zwischen 1,4 und 2,5 m unter Flur) nahezu überall eine zusätzliche Wasserversorgung in der Vegetationszeit. Ihren Wasserbedarf konnten die Bäume in niederschlagsarmen Perioden aus dem Grundwasser ergänzen.

Nach Beginn der Grundwasserförderung zeigten die Ganglinien der Grundwassermessstellen ein rasches Absinken der Flurabstände im gesamten Untersuchungsraum. Ab 1971 bis 1976 sanken sie nahezu flächendeckend auf 6 bis 7 m unter Flur (Abb. 2). Der Grundwasserspiegel war in die Zone des unterliegenden sandigen und kiesigen Terrassenmaterials abgesunken, wodurch der kapillare Wasseraufstieg in bindige Bodenschichten abbrach. Das Tiefenwachstum der Wurzeln konnte diese Bodenschichten nicht mehr erschließen.

Die Absenkung der Grundwasserstände führte zu grundlegenden Veränderungen der forstlichen Standortverhältnisse. Die Standorte haben sich von ehemals grundfeuchten, wechselfeuchten bzw. wechsellassen Standorten in nunmehr frische, wechselfeuchte bzw. wechselltrockene Standorte gewandelt. Der Bodenwasserspeicher wird seit der Grundwasserabsen-

*C. Jacobsen ist beauftragter Fachgutachter im Fachbüro für Waldhydrologie, Göttingen. T. Ullrich ist wissenschaftlicher Koordinator bei Hessen-Forst FENA, Forsteinrichtung und Naturschutz, Gießen.*

*Der Beitrag entstand mit Unterstützung von Mitarbeitern der FENA Gießen (Sachbereiche Forsteinrichtung, Forstliche Geoinformation) und der NW-FVA Göttingen (Abteilungen Waldwachstum, Waldschutz, Forstliche Umweltkontrolle).*

**Thomas Ullrich**

Thomas.Ullrich@forst.hessen.de

## Die Projektarbeit

Die Projektleitung lag bei der FENA (Hessen-Forst, Forsteinrichtung und Naturschutz, Gießen). Die FENA und die Nordwestdeutsche Forstliche Versuchsanstalt (NW-FVA, Göttingen) haben die Bearbeitung des Berichtes mit der Bereitstellung von Daten und Auswertungen unterstützt und umfassende Akten-einsicht gewährt. Aufgabe des Berichtes war:

- die Zusammenfassung bisheriger Untersuchungen im Zeitraum 1968 bis 2007;
- die Dokumentation von Veränderungen
  - der forstlichen Standortverhältnisse,
  - der forstlichen Bestockungsverhältnisse,
  - der Waldökosystemstabilität (Destabilisierung der Bestockung);

- die kausalanalytische Betrachtung der Veränderungen der Waldökosysteme mit den umfassenden Grundwasserförderungen und Grundwasserabsenkungen ab Mitte der 1960er-Jahre.

Der Untersuchungsraum umfasst die Flächen des Gernsheimer, Jägersburger, Bürstädter und Lorsche Waldes (Abb. 1). Die Bestockung ist von Eiche, Buche und Kiefer bestimmt. Das Gebiet war noch bis weit in die 1960er-Jahre von hohen Grundwasserständen geprägt. Die Ausgangsbestände waren an diese Verhältnisse angepasst und profitierten von der guten Wasserversorgung. Leistungsstarke, stabile Wälder waren für das Hessische Ried kennzeichnend.

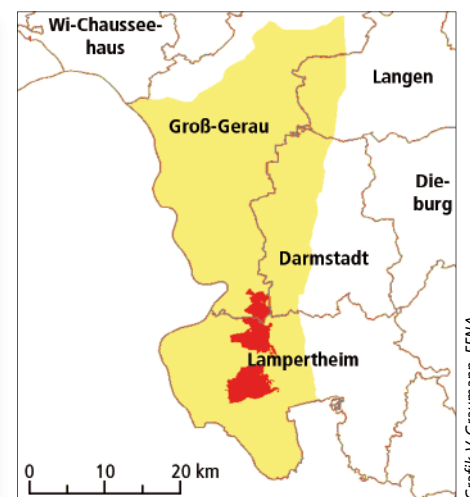


Abb. 1: Untersuchungsraum im Hessischen Ried

Grafik V. Graumann, FENA

kung nicht mehr durch hochanstehendes Grundwasser im Frühjahr ergänzt, sondern allein durch winterliche Niederschläge aufgefüllt – vorausgesetzt, dass ausreichend Niederschläge fallen.

Die effektiv nutzbare Bodenwasserspeicherung ist daher jährlich unterschiedlich und meist geringer als die potenzielle (anhand der physikalischen Bodeneigenschaften ermittelte). Sie wird zudem je nach Witterung und Bodensubstrat nur zu maximal 60 bis 85 % ausgeschöpft, weil die Baumwurzeln tiefere Bodenschichten weniger intensiv erschließen [2].

### Schäden an der Bestockung bis zur Mortalität

Die Analysen zu den Veränderungen der Bestockung nach der Grundwasserabsenkung sind im 4. Bericht auf die Eiche gerichtet. Sie war im Untersuchungsraum standortgerecht und leistungsstark (erste Bonität), sobald Grundwasser für sie erreichbar war. Die Forsteinrichtungswerke der Vergangenheit erwähnten stets überdurchschnittlich gute Schaftqualitäten in den Eichenbeständen.

Nach der Grundwasserabsenkung zeigten sich Schäden an der Bestockung bereits zu Beginn der 1970er-Jahre unmittelbar entlang der Brunnengalerien. Bis 1972 war es zunächst an Laubbaum-Althölzern, aber auch in jüngeren Beständen zu Bestandeschäden gekommen, die von schütterer Belaubung bis zum gruppen- bis horstweisen Absterben von Bäumen reichten. Im Herbst 1975 hatte die Trocknis ganze Waldkomplexe erfasst.

Ab 1976 wurde die weitere Entwicklung der Waldbestände auf ausgewählten Beobachtungsflächen waldwachstumskundlich untersucht. Allerdings mussten aufgrund starker Bestandeschäden im Verlauf der Untersuchungen zahlreiche Beobachtungsflächen aufgegeben werden. So konnten von ursprünglich 118 Eichen-Beobachtungsflächen lediglich 71 bis zum Jahr 2004 fortgeführt werden.

Trockenastansprachen an Eichen auf den Beobachtungspartellen belegen eine fortschreitende Degeneration der Eichenkronen in allen Waldkomplexen (Abb. 3). Die Mortalität der Eichen auf den Beobachtungsflächen ist durch eine stark streuende, signifikant dichteabhängige Anfangsmortalität (1976 bis 1984) gekennzeichnet.

Im weiteren Verlauf der Untersuchungen (1985 bis 2004) sind die Mortalitätsraten überwiegend gleichsinnig fortgeschritten. Die durchschnittliche Mortalitätsrate je Jahr betrug im Gesamtbestand 2,7 % und unter den herrschenden Eichen 2,5 % je Jahr. Sie war damit um das 4,2fache höher als die ‚normale‘ Mortalität, die in der gleichen Periode bei älteren Eichen im Rahmen der Waldzustandserhebung in der Rhein-Main-Ebene beobachtet wurde (0,6 % je Jahr). Die Mortalitätsraten auf den Beobachtungsflächen waren nach der Grundwasserabsenkung zumeist auch deutlich höher als die ertragstafelgemäßen Stammzahlentnahmen der Durchforstungen (Abb. 4).

Heute sind die Bestände im Untersuchungsraum zu großen Teilen verlichtet. Daten der aktuellen Forsteinrichtung belegen dies für alle Waldteile gleichermaßen. Im Gernsheimer Wald weisen die höheren Altersklassen der Eiche (über 100 Jahre) einen Bestockungsgrad von 0,4 bis 0,6 auf, jüngere Eichen (60 bis 100 Jahre) einen von 0,7 bis 0,8. Im Jägersburger Wald bzw. im Lorsch und Bürstädter Wald liegen die Bestockungsgrade der über 100-jährigen Eichen lediglich zwischen 0,5 und 0,7 bzw. 0,5 und 0,6.

### Wachstums- und Zuwachsstörungen

Das Waldwachstum wurde ab 1976 auf zahlreichen Beobachtungsflächen untersucht. Den Beobachtungsflächen zugeordnete Jahrringanalysen an Einzelbäumen geben einen Einblick in das

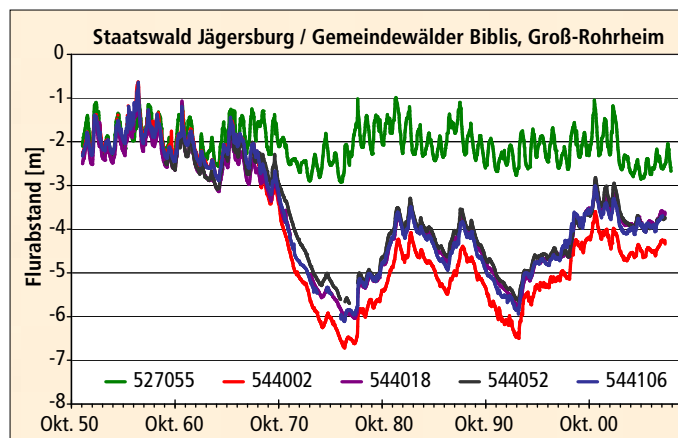


Abb. 2: Grundwasserganglinien ausgewählter Pegel im mittleren Teil des Untersuchungsgebietes (zwischen Winkelbach und Weschnitztal). Grün gezeichnet der Referenzpegel 527055 (Bauschheimer Bogen) zur Abgrenzung der Witterungseinflüsse  
Quelle: HLUG

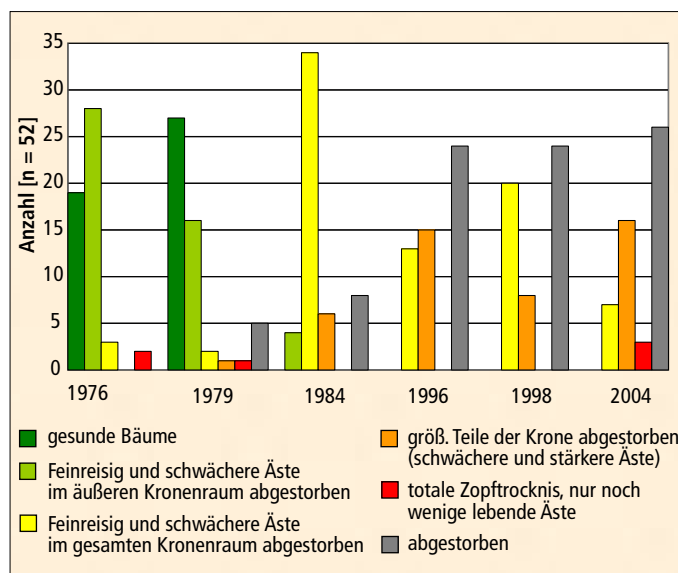


Abb. 3: Trockenastansprachen im Staatswald Jägersburg, Abt. 74 B, Pz. 77 (Alter 1976 = 70 Jahre)

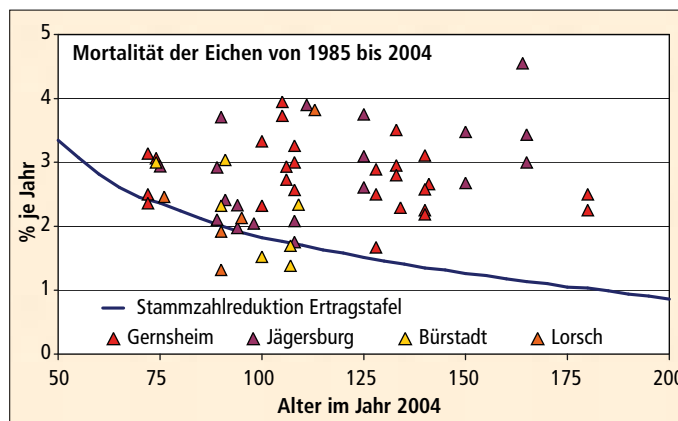


Abb. 4: Die jährliche Mortalität der Eichen [% je Jahr] im Zeitraum 1985 bis 2004; in den Waldteilen des Untersuchungsraumes in den zurückliegenden 20 Jahren, bezogen auf das aktuelle Alter des Bestandes. Zum Vergleich ist die Entwicklung des ausscheidenden Bestandes [% je Jahr] der Eichen-Ertragstafel (JÜTTNER 1955) als Kurve aufgetragen.

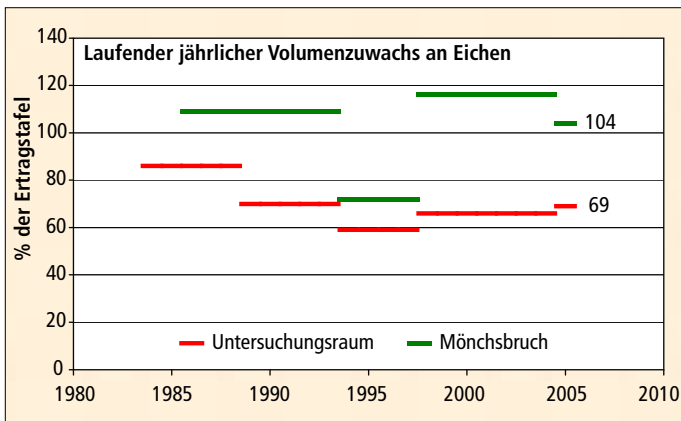


Abb. 5: Laufender jährlicher Volumenzuwachs an Eichen (Vfm/ha,a) in % der Ertragstafel; rot: Untersuchungsraum (90 Beobachtungsflächen); grün: Mönchsbruch 3 Bestände (Alter 2004); Abt. 29 B (78 Jahre), Abt. 46 (102 Jahre), Abt. 64 (109 Jahre)

Baumwachstum vor der Grundwasserabsenkung und zeigen erhebliche Rückgänge im Grundflächenzuwachs am Einzelbaum in der Periode 1971 bis 1976.

Zur Diagnose von Wachstums- und Zuwachsstörungen werden die Entwicklungsverläufe der geschädigten Bestände mit einem „normalen“ Entwicklungsgang verglichen, der unter ungestörten Verhältnissen zu erwarten gewesen wäre. Da innerhalb des Untersuchungsgebietes keine von der Grundwasserabsenkung unbeeinflussten Bestände mehr vorhanden waren, wurden die Referenzwerte aus Ertragstafelmodellen abgeleitet. Dieser Ertragstafelvergleich gewinnt durch die immer noch große Anzahl von Beobachtungsbeständen an Aussagekraft [3].

Der 30-jährige Untersuchungszeitraum mit seiner Abfolge von trockenen, normalen und feuchten Perioden erlaubt es, die Veränderungen in den waldwachstumskundlichen Beobachtungsflächen zu quantifizieren und eine Prognose der weiteren Waldentwicklung zu erstellen. Dabei ist zu beachten, dass die Auswertung der noch vorhandenen Beobachtungsflächen die Schäden unterschätzt, weil die aufgegebenen Beobachtungsflächen nicht weiter berücksichtigt wurden. Die im Gutachten festgestellten Schäden sind somit als Schadensuntergrenze zu interpretieren.

In den fortgeführten Beobachtungsflächen haben sich die Bestandesvorräte (Eiche) allein durch Mortalität im Verlauf der Untersuchungsperiode (1976 bis 2004) von 105 % auf durchschnittlich 68 % der Ertragstafelwerte reduziert. Reguläre Vornutzungen (Durchforstungen), wie sie den Ertragstafeln zugrunde liegen, wurden nicht durchgeführt. Überdurchschnittliche Vorratssenkungen zeigten sich auf den wechselfeuchten Standorten im Gernsheimer und Jägersburger Wald.

Der laufende jährliche Zuwachs (Eiche) verminderte sich im Gesamtzeitraum 1976 bis 2004 auf durchschnittlich 72 % (Volumenzuwachs) bzw. 71 % (Kreisflächenzu-

wachs) der Ertragstafelwerte. Die stärksten Zuwachsreduktionen verzeichneten die jungen Bestände, wiederum auf wechselfeuchten Standorten im Gernsheimer und Jägersburger Wald.

Fallbeispiele erläutern die Veränderungen der Bestockung am Einzelbestand. Anhand von fünf 70- bis 80-jährigen (1976) Eichen- bzw. Buchenbeständen wurden Informationen zum Standort (Grundwasserflurabstände, Bodeneigenschaften) und zu den Schäden an der Bestockung, zu den Veränderungen der Bestandesstrukturen, zum Wachstum und zum Jahrringbau betrachtet. Für alle fünf vertieft beschriebenen Bestände besteht eine ungünstige Prognose. Sie sind unterbestockt und die Zuwachsraten sind zu gering, um unter den gegenwärtigen Standortverhältnissen wieder zu geschlossenen Beständen zu regenerieren. Aus der Entwicklung dieser relativ jungen Bestände nach der Grundwasserabsenkung lassen sich Schlussfolgerungen auf die zukünftige Situation des Waldes im Untersuchungsraum ziehen: vorratsarm, kurzschäftig und vergrast.

### Kausalanalytische Betrachtungen

Ein wesentlicher Bestandteil des 4. Berichtes ist die kausale Zuordnung der vorgefundenen Schäden an den Waldbeständen. Im Untersuchungsraum haben die Grundwasserabsenkungen die waldökologischen Standortbedingungen grundlegend und auf Dauer verändert. Nachfolgend haben sich schwerwiegende Waldschäden über alle Hauptbaumarten und Standortstypen hinweg ausgebreitet.

Weil innerhalb des Untersuchungsgebietes keine Vergleichsbestände ohne Grundwasserabsenkung mehr existieren, wurden für die Kausalanalyse der aufgetretenen Schäden auch Untersuchungen in anderen Waldgebieten mit bestehendem Grundwasseranschluss einbezogen.

Abb. 5 vergleicht die laufenden Zuwachsraten der Eichen im Untersuchungsraum mit denen von Eichenbeständen im Mönchsbruch (Forstamt Groß-Gerau), die noch einen Grundwasseranschluss aufweisen. Infolge einer anhaltenden Witterungsstressperiode von 1989 bis 1997 sind die laufenden Zuwachsraten in der Messperiode 1994 bis 1997 in beiden Gebieten stark eingebrochen. Es wird deutlich, dass

- die Zuwachsraten stabiler Eichenbestände mit Grundwasseranschluss nach der Störung das kurzzeitige Minderwachstum kompensieren und
- dagegen auf grundwasserabgesenkten Standorten nach einer witterungsbedingten Störung es zur langfristigen Absenkung der jährlichen Zuwächse kommt.

Die zum Zeitpunkt der Grundwasserabsenkung im Untersuchungsraum vorhandene Bestockung war (in Stamm- und Kronenausformung, Wüchsigkeit und Bestandesdichte) an Standorte mit Grundwasseranschluss angepasst. Nach der Grundwasserabsenkung musste sich die Bestockung auf eine ungünstig veränderte Wasserversorgung einstellen. Diese Anpassung an die veränderte Wasserversorgung ist nicht gelungen. Die Baumkronen starben zurück; die Bestände verlichteten. Das entstandene trocken-warme Waldinnenklima (geringere Transpiration, erhöhte Sonneneinstrahlung und Ventilation) sowie die nachfolgende Vergrasung führten zu einer weiteren Verminderung des Wasserangebotes. Dies erschwerte eine nachfolgende Bestandesbegründung erheblich und einträchtig auch die Jungbestände.

Neben der Grundwasserabsenkung sind vielfältige weitere Stresseinwirkungen auf die Waldökosysteme zu bewerten. Sie alle haben einen Anteil an den in der jährlichen Waldzustandserhebung festgestellten erhöhten Waldschäden und der erhöhten Eichenmortalität in der Rhein-Main-Ebene. Diese anderen Stresseinwirkungen erklären jedoch nicht die um ein Mehrfaches erhöhten Mortalitätsraten bei den Eichen im Untersuchungsraum.

Bei der Erklärung der Ursachen für die Destabilisierung der Waldökosysteme unterscheidet die kausale Argumentation zwischen äußeren Einwirkungen (Grundwasserabsenkung, Witterungsstress, Immissionen) und Veränderungen der ökosystem-internen Prozesse (Verlichtung, Vergrasung, Insektenschäden).

- **Waldökosysteme mit Grundwasseranschluss** verfügen über ein zusätzliches Wasserangebot in niederschlagsarmen Vegetationszeiten. Jahreszeitliche Unterbrechungen des Grundwasseranschlusses waren vor der Grundwasserabsenkung von einer für die Waldvegetation verträglichen

kurzen Dauer. Stress durch trocken-warme Witterungsperioden bewirkten vor der Grundwasserabsenkung keine dauerhafte Erhöhung der Mortalität und keine nachhaltigen Zuwachsminderungen. Belege (Indikatoren) sind die hervorragenden Wuchsleistungen und die generell hohen Bestockungsgrade vor der Grundwasserabsenkung.

- Nach der Grundwasserabsenkung bestimmt der Witterungsverlauf über die Existenz und das Wachstum der Wälder. Mit jeder mehrjährigen Trockenperiode verloren die Bestände Vitalität, Zuwachs und Bestockungsglieder. Diese Vorgänge des Substanzabbaus halten bis heute an.

- Die Waldbelastungen durch Immissionen liegen im Untersuchungsraum unter dem Durchschnitt der hessischen Wälder und erklären nicht die überdurchschnittliche Schadenssituation im Untersuchungsraum.

- Schadinsekten werden als ökosysteminterne Stressoren betrachtet. Unter normalen Bedingungen bestehen synökologische Gleichgewichte zwischen Insekten und ihren Wirtsbäumen. Eichen überstehen selbst einen Kahlfraß; andernfalls würde eine andere Baumart den Waldstandort besiedeln. Nach der Grundwasserabsenkung veränderte sich das Waldinnenklima in Richtung trocken-warm; die synökologischen Gleichgewichte zwischen den Waldbäumen und ihren Schadinsekten mussten sich neu einregulieren. Sie sind zugunsten der Schadinsekten verschoben worden. Massenvermehrungen von Insekten konnten – lokal und periodisch – erst durch die Grundwasserabsenkung zur erhöhten Mortalität der Eichen im Untersuchungsraum beitragen.



Abb. 6: Störungskette nach großflächiger Grundwasserabsenkung

### Folgerungen

Ein Waldökosystem mit Grundwasseranbindung bewegt sich, je nach Dauer und Abfolge von kühl-feuchten bzw. trocken-warmen Witterungsperioden, in einem Zustand elastischer Stabilität. Nach einer Grundwasserabsenkung degeneriert das Waldökosystem zu ärmeren Gleichgewichtszuständen (durch Reduktion von Stoffumsatz und Nettoassimilation, durch Abbau von Vorrat und Bestockungsdichte) bis hin zur Auflösung der Bestockung.

Die andauernde Grundwasserabsenkung ist als der entscheidende äußere Anstoß einzustufen, der die Standortbedingungen grundlegend verändert hat und weiter prägt, und damit die weitreichenden Schadensprozesse auf großer Fläche über die Standortunterschiede hinweg im Wesentlichen verursacht hat.

Die zum Zeitpunkt der letzten vollständigen Aufnahme der Beobachtungsflächen im Jahr 2004 vorgefundenen Waldstrukturen hatten sich seit Beginn der Aufnahmen durch Verlichtung und Vergrasung im Sinne einer Störungskette (Abb. 6) derart verändert, dass in Zukunft von einer weiteren Fortsetzung der Schadensprozesse und damit von einer Vergrößerung des Schadens auszugehen ist. Auch in Folgebestockungen ist mit erheblichen Wuchsbeeinträchtigungen zu rechnen. Eine grundlegende Sanierung der forstlichen Standorte könnte die Situation grundsätzlich verbessern.

### Literaturhinweise:

[1] JACOBSEN, C. (2010): Forstökologische Beweissicherung Hessisches Ried – 4. Bericht. Gutachten im Auftrag von Hessen-Forst FEENA, Gießen, 284 S. und Anlagen. [2] LEHNARDT, F.; BRECHTEL, H.-M. (1985): Schöpftiefe und effektiv nutzbare Bodenwasserspeicherung der wichtigsten Bodeneinheiten von grundwasserabgesenkten Waldstandorten im Hessischen Ried. Z. f. Kulturtechnik und Flurbereinigung 26, S. 138-149. [3] PRETZSCH, H. (2002): Grundlagen der Waldwachstumsforschung, Parey Buchverlag Berlin, 414 S. [4] RIEBELING, R.; BLÖCHER, K. (1971): Hydrologisch-ertragskundliche Untersuchungen über Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Hess. Ried. 1. Zwischenbericht 1971, Hessische Forsteinrichtungsanstalt (FEA) Gießen, Teil I, 24 S. und Anlagen. [5] RIEBELING, R. (1976): Untersuchung über Auswirkungen der Grundwasserentnahme auf Waldbestände des Hess. Rieds – Derzeitiger vorläufiger Kenntnisstand (2. Zwischenbericht im Auftrag des Regierungspräsidiums Darmstadt). Hessische Forsteinrichtungsanstalt (FEA) Gießen. [6] RIEBELING, R.; ASTHALTER, K. (1977): Untersuchungen über Auswirkungen der Grundwasserentnahmen auf Waldbestände des Hessischen Rieds – Dritter Zwischenbericht. Hessische Forsteinrichtungsanstalt (FEA) Gießen, 28 S. und Anlagen.