

**Betreff:** Dissertation Hildmann - Bodenverluste, Wasserkreisläufe, Vegetation und Klima

Auszug:

In Deutschland werden derzeit im Mittel **etwa 1280 kg/ha/a an Salzen aus den Böden ausgewaschen**, wie die Auswertung von Literaturdaten zeigt (flächengewichtetes Mittel 1430 kg/ha/a). Dies führt zu einer Verarmung der Oberböden an Basenkationen. Dieser Prozeß der "Alterung" der Landschaft fände auch ohne den Eingriff des Menschen statt, allerdings ganz erheblich gebremst, so daß dieser Prozeß heute in einer Art Zeitraffer 50-100fach beschleunigt abläuft. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Vegetation ausgehend von den Kuppenlagen lückig wird, zusammenbricht und die Standorte nicht mehr bewirtschaftbar sind. Wird ein höherer Anteil der Sonnenenergie nicht in geschlossenen Kreisprozessen wie Verdunstung und Kondensation von Wasser bzw. Aufbau und Mineralisation der Biomasse umgesetzt, so verbleibt ein größeres Potential für chemische Lösungsprozesse. Da deren Reaktionsprodukte durch das Niederschlagswasser vom Standort weg transportiert werden, handelt es sich hier um einen **Verlustprozeß**. Der Energieumsatz hängt ganz wesentlich von Zönosen ab, die durch Verdunstung und Photosynthese einen erheblichen Teil der täglichen Energiepulse dissipieren. Aber auch die Prozesse in der Atmosphäre, wie Wolkenbildung und deren Verteilung, verlaufen an die Vegetation rückgekoppelt.

....

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich zahlreiche Hinweise ableiten, wie eine nachhaltige *Bewirtschaftung* aussehen könnte. **Die Landschaft ist wieder vermehrt mit dauerhafter, verdunstender Vegetation wie Gehölzen und Feuchtgebieten auszustatten**, so daß die Energiedissipativität über biologische und physikalische Kreisprozesse maximiert und Basenverluste minimiert werden. Die geringere Albedo vegetationsreicher Oberflächen bei gleichzeitig besserer Dissipation verringerte thermische Gradienten, so daß die lokalen Windsysteme gebremst würden und der Wasserkreislauf kurzgeschlossener sein könnte. **Dem Wasser, das nach Möglichkeit in der Landschaft gehalten und verdunstet werden sollte, kommt dabei eine Schlüsselstellung zu.**

Diese Funktionalität kann nur über Veränderungen eines Großteils der Landschaft gesteigert werden und nicht allein durch kleinräumige Schutzgebiete. Deshalb sind **Land- und Forstwirtschaft zentral einzubeziehen** und deren Produktivität zu erhalten. Abschließend werden einige mögliche nachhaltige Bewirtschaftungsformen skizziert.

[Veröffentlichungen Hildmann](http://www.geo.uni-halle.de/rup/mitarbeiter/hildmann/veroeffentlichungen_hildmann/) [www.geo.uni-halle.de/rup/mitarbeiter/hildmann/veroeffentlichungen\\_hildmann/](http://www.geo.uni-halle.de/rup/mitarbeiter/hildmann/veroeffentlichungen_hildmann/#anchor2209787)  
Dissertation Hildmann [www.geo.uni-halle.de/rup/mitarbeiter/hildmann/veroeffentlichungen\\_hildmann/#anchor2209787](http://www.geo.uni-halle.de/rup/mitarbeiter/hildmann/veroeffentlichungen_hildmann/#anchor2209787)

Es folgen Zusammenfassung und Abstract

# Dissertation

*HILDMANN, CH. (1999): Temperaturen in Zönosen zur Prozeßanalyse und zur Bestimmung des Wirkungsgrades: Energiedissipation und beschleunigte Alterung der Landschaft.* Diss. TU Berlin, FB Umwelt und Gesellschaft. (Erschienen im [Mensch und Buch Verlag](#), Berlin). (Zusammenfassung)

## Zusammenfassung

In Deutschland werden derzeit im Mittel etwa 1280 kg/ha/a an Salzen aus den Böden ausgewaschen, wie die Auswertung von Literaturdaten zeigt (flächengewichtetes Mittel 1430 kg/ha/a). Dies führt zu einer Verarmung der Oberböden an Basenkationen. Dieser Prozeß der "Alterung" der Landschaft fände auch ohne den Eingriff des Menschen statt, allerdings ganz erheblich gebremst, so daß dieser Prozeß heute in einer Art Zeitraffer 50-100fach beschleunigt abläuft. Dadurch besteht die Gefahr, daß die Vegetation ausgehend von den Kuppenlagen lückig wird, zusammenbricht und die Standorte nicht mehr bewirtschaftbar sind. Wird ein höherer Anteil der Sonnenenergie nicht in geschlossenen Kreisprozessen wie Verdunstung und Kondensation von Wasser bzw. Aufbau und Mineralisation der Biomasse umgesetzt, so verbleibt ein größeres Potential für chemische Lösungsprozesse. Da deren Reaktionsprodukte durch das Niederschlagswasser vom Standort weg transportiert werden, handelt es sich hier um einen Verlustprozeß. Der Energieumsatz hängt ganz wesentlich von Zönosen ab, die durch Verdunstung und Photosynthese einen erheblichen Teil der täglichen Energiepulse dissipieren. Aber auch die Prozesse in der Atmosphäre, wie Wolkenbildung und deren Verteilung, verlaufen an die Vegetation rückgekoppelt.

Temperaturmessungen können Hinweise auf den Energieumsatz und die verbleibenden energetischen Potentiale für irreversible Stoffverluste geben. Der Untersuchung liegen Temperaturmessungen zugrunde, die an insgesamt zehn verschiedenen Standorten (Ackerränder, Wälder, Grünland, Moor) mit Hilfe von selbst registrierenden Meßsonden gewonnen wurden (Meßintervall 20 min). Gemessen wurde parallel in vier Höhen (10 cm im Boden, Bodenoberfläche, 10 cm und 200 cm über dem Boden). Die Messungen wurden im Einzugsgebiet der Stör (Schleswig-Holstein) von 1994 bis 1998 durchgeführt.

### *Zusammenhang zwischen Temperaturen und Stoffverlusten*

Die Temperaturen wirken auf den Stoffverlustprozeß in erster Linie durch die Beschleunigung der Mineralisation nach der van't Hoff'schen Regel ein. Eine Einschränkung der Tätigkeit der Destruenten (Pilze, Bakterien) an den untersuchten Standorten ist durch zu hohe Temperaturen allein nicht zu erwarten. Trocknet der Oberboden hingegen phasenweise zu stark aus, wird die Zersetzung gebremst. Bei der nächsten Phase der Wiederbefeuchtung entspricht dann die Aufnahme durch die Vegetation nicht der gesteigerten Mineralisation, so daß leichter Stoffverluste ausgelöst werden können.

Die durch die Temperaturamplituden im Boden ausgelöste Kondensation erwies sich in einer Abschätzung als sehr gering, wengleich die Werte an den Offenlandstandorten etwa vier- bis fünfmal so hoch sind wie im Buchenwald.

Die Abschätzung der Bodenatmung, die durch die Druckänderungen über Temperaturschwankungen induziert wird, zeigt einen in den Wäldern deutlich geringeren Gasaustausch (meist unter  $1/4 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$  ggü. rund  $1/2 \text{ l/m}^2 \cdot \text{d}$  an den Offenlandstandorten). Ein erhöhter Gasaustausch entfernt aus der obersten Bodenschicht Reaktionsprodukte wie  $\text{CO}_2$ , die die Mineralisation hemmen könnten.

Auf nettoproduktives Wachstum, bei dem die Pflanzen über den Stoffkreislauf hinaus durch die Abgabe von Protonen Basen und Nährstoffe aufnehmen müssen, geben die Temperaturmessungen nur indirekte Hinweise, vielmehr spiegeln die Temperaturen die aktiv verdunstende Oberfläche wider. Sowohl in einem Acker als auch auf Grünland fallen der wenig ausgeglichene Jahresgang und die hohen Amplituden, solange die Pflanzen den Boden nicht vollständig bedecken, auf. Hohe Temperaturen und -amplituden können aber auch auf kaum produktiven Standorten wie Trockenrasen erwartet werden, so daß ein unmittelbarer Zusammenhang nicht angenommen werden kann. Die Unterschiede zwischen einem nettoproduktiven Wald und einem nicht nettoproduktiven Bestand werden im Vergleich zur Differenz zwischen Freiland und Wald nur gering sein.

Wird nur die Oberflächentemperatur erfaßt, können höhere Temperaturen gemessen werden, obwohl der für die Stoffverluste maßgebliche Untergrund im Vergleich zu anderen Standorten als kühl zu bewerten ist (Bsp. Dosenmoor mit nassem Torfboden). Auch aus einem erwärmten Kronendach eines Waldes kann nur sehr eingeschränkt auf eine erhöhte Bodentemperatur geschlossen werden. Dieses kann jedoch als Hinweis auf eine beginnende Austrocknung und wechselfeuchte Phasen des Oberbodens gewertet werden.

Schließlich sind die zu vergleichenden Standorte in der Regel nicht mit dem gleichen Bodenvorrat ausgestattet. Vegetation auf Standorten mit sehr geringen Vorräten an Basenkationen, z.B. Sandtrockenrasen auf leichten Sanden, können sich zwar stark erwärmen, einen größeren Anteil der Energie in Windbewegungen verschieben und so ggfs. sogar andere Standorte belasten, und weisen dennoch geringe Stoffverluste auf.

Als Fazit läßt sich festhalten, daß erhöhte (Boden-)Temperaturen zumeist auch höhere Stoffverluste indizieren. Die Aussageschärfe zu diesem Zusammenhang ist ohne weitere Informationen zu Phasenlage und Vegetation aber deutlich geringer als an Standorten mit vergleichsweise niedrigeren Temperaturen, für die durchgängig geringere Stoffverluste angenommen werden können.

### *Temperaturen in Zönosen und deren Wirkungsgrad*

- Mit Hilfe von *Kennfeldern* ist es möglich, die Dissipativität verschiedener Zönosen einzuschätzen. Dazu können Werte aus der Literatur zur Produktivität (biologische Prozesseigenschaft) und zum Wasserhaushalt (Verdunstung in Relation zum Niederschlag, physikalische Prozesseigenschaft) herangezogen werden.
- Die Spannweite des *Effektes unterschiedlicher Farben* der Sensoren konnte mit einer Parallelmessung eines weiß und eines schwarz ummantelten Sensors ermittelt werden. Die Mitteltemperatur des schwarzen Sensors liegt 1 °C über der des weißen; die mittlere Amplitude ist 3,2°C größer. Da die Farbunterschiede zwischen unterschiedlichen Zönosen deutlich geringer sind, dürfte dieser Effekt für den Vergleich der Standorte nur eine untergeordnete Rolle spielen.
- Der *Einfluß der Verschattung* konnte mit einer Parallelmessung zwischen einem beschatteten und einem unbeschatteten Sensor gezeigt werden. Im Mittel war der verschattete Sensor 0,75 °C kühler als der unbeschattete und die mittlere Amplitude 3,5°C geringer. Der Vergleich mit der Differenz zwischen Acker und Buchenwald (T02 und T03) weist zwischen Mai und August jedoch im Mittel um 1,55°C höhere Werte auf; die Amplitudendifferenz ist hier etwa doppelt so hoch wie in dem Verschattungsexperiment. Darüber hinaus ist zu beachten, daß 1. durch die Beschattung kaum Energie dissipiert wird, sondern diese über die Erwärmung der Luft auf dem verschattenden Körper als Wind verschoben wird und 2. im Wald insgesamt mehr Energie dissipiert wird, da die Albedo geringer als an den meisten Freilandstandorten ist.
- Die *Jahreskennwerte der Standorte* zeichnen die Vegetationsentwicklung und den Jahresverlauf deutlich nach. Die beobachteten Varianzen werden durch die täglichen Temperaturamplituden der Standorte bestimmt.
- Die *horizontalen räumlichen Residuen* weisen die Temperaturen der Waldstandorte als deutlich besser ausgeglichen und mit niedrigeren Amplituden aus. Teilweise wird dies durch schiefe Verteilungen mit stärkeren Abweichungen zu niedrigeren als zu höheren Temperaturen betont. Der Buchenwald weist deutlich

geringere Bodentemperaturen als der lichte Fichtenforst auf. Die Freilandstandorte, besonders die Ränder des Mais- und Kartoffelackers (T02, T09), fallen mit deutlich weniger ausgeglichenen Temperaturen auf. Die schiefen Verteilungen verlaufen hier gegenläufig zu denen der Waldstandorte; Abweichungen zu wärmeren Temperaturen besitzen einen größeren Wertebereich als die Abweichungen, die unter den Median-Werten liegen. Das Dosenmoor (T06) weist, abgesehen von 1994, besser ausgeglichene Temperaturen als das Mittel aller Standorte (Kanal(1..3)): Messungen 10 cm im Boden, an der Bodenoberfläche und 10 cm über dem Boden) auf. Die Amplitude in 10 und 200 cm über der Oberfläche (Kanal(3..4)) ist aber deutlich größer als das Standortmittel. Der Waldrand (T07) zeigt sich zwar unausgeglichener als das Standortmittel, aber ausgeglichener als die beiden Ackerstandorte (T02, T09).

- *Die vertikalen Residuen* spiegeln den Erwärmungsprozeß der Standorte wider. Die Erwärmung erfolgt jeweils ausgehend von der variablen Oberfläche, die durch die jeweilige Vegetationsentwicklung geprägt wird, wie die Entwicklung der krautigen Vegetation an den Rainen oder der Laubaustrieb des Buchenwaldes. Dieser Erwärmungsprozeß kann auch an den Phasenwinkeln der Temperaturamplituden aufgezeigt werden.
- An allen Meßstandorten konnten *nächtliche Temperaturanstiege* beobachtet werden, die auf Kondensationsprozesse (Taubildung) zurückzuführen sind. Besonders an den Kanälen K3 und K4 (10 und 200 cm über der Bodenoberfläche) ist dieser Effekt in 50% bis 80% aller Nächte aufzuspüren. Damit kann gezeigt werden, daß die nächtliche Taubildung eher die Regel als die Ausnahme ist. In den Sommermonaten ist dieser Prozeß weniger wahrscheinlich als in den übrigen Jahreszeiten. Auf die Taumengen konnte jedoch nicht rückgeschlossen werden. Die mittlere Höhe dieser Anstiege beträgt zwischen 0,5 °C und 1°C.
- Der Einfluß der höheren *Wärmekapazität* des Wassers ggü. dem Boden konnte anhand von Vergleichsmessungen in einem Wassergefäß gezeigt werden. Die Temperaturunterschiede betragen jedoch meist weniger als 0,5°C, während die Phasenverschiebung der Maxima 1:10 h ausmacht.
- Ein Zusammenhang zwischen der *Bodenfeuchte und der Temperatur* konnte entgegen den Erwartungen nur sehr eingeschränkt gezeigt werden. Die Berechnung der Temperaturleitwerte nach verschiedenen Ansätzen erwies sich sowohl im Vergleich untereinander als auch mit Zeitreihen des Niederschlages bzw. der Sonnenscheindauer als nicht weiterführend. Aus der Betrachtung der Amplitude von K1 (Bodenkanal) als Funktion der Amplitude von K2 (Bodenoberfläche) lassen sich grobe Hinweise auf die Bodenfeuchte finden. Dazu wurden die entsprechenden Werte anhand des Medians in jeweils zwei voneinander differierende Gruppen geteilt. -- Versuche, bei denen über mehrmaliges Gießen bzw. die Veränderung des Standortes (gedraint vs. staunaß) deutliche Standortunterschiede generiert wurden, zeigten erst unter extremeren Versuchsbedingungen deutliche Differenzen zwischen den Kanälen, jedoch nicht bei den als Kennwerten gedachten Parametern.
- Anhand der Datenreihen zwischen 1994 und 1998 (z.B. T02: rund 107.000 Datenpunkte pro Kanal) können weitgehend gesicherte *Temperaturverteilungen* für einige Standorte angegeben werden. Die Verteilungen sind angenähert normalverteilt und können so anhand des Mittelwertes und der Standardabweichung beschrieben werden. Abweichungen von der Normalverteilung können durch Schiefe und Exzeß dargestellt werden. Die Verteilungen können als Grundlage für eine fortzusetzende Heuristik dienen. Die größte Temperaturspanne mit 76,2°C konnte am Ackerrain T09 mit Temperaturen zwischen -22°C und 54,5°C gemessen werden; der Buchenwald weist als Vergleich nur eine Temperaturspanne von 45,2°C auf (-12,6°C bis 32,6°C). Die größte tägliche Temperaturamplitude konnte an dem gleichen Ackerrain mit knapp 42°C registriert werden.
- Um verschiedene Standorte in einem Summenparameter miteinander vergleichen zu können, wird der *thermische Wirkungsgrad* vorgeschlagen. In Analogie zu dem Raum-Zeit-Produkt Energie setzt sich der thermische Wirkungsgrad aus
  - einer räumlichen Komponente, den mittleren Temperaturen am Standort
  - und einer zeitlichen Komponente, die durch die mittleren Amplituden am Standort repräsentiert wird, zusammen. Beide Teilterme werden auf Monatsbasis berechnet und in den Wertebereich [0; 1] transformiert. Der so berechnete Wirkungsgrad ist kein absoluter Wert, sondern ein relativer Vergleichswert zwischen den in die Berechnung eingegangenen Standorten.

Die Ergebnisse zeigen die Waldstandorte, und hier besonders den Buchenwald, als Referenzzönosen mit einem ganzjährig sehr guten Wirkungsgrad. Lediglich die im April fehlende Bodenvegetation und die unbelaubten Kronen führen im Buchenwald zu einem geringeren Wirkungsgrad.

Das Dosenmoor zeigt im trockenen Jahr 1994 einen deutlich schlechteren Wirkungsgrad als in den darauf folgenden Jahren. Gerade im Boden und an der Bodenoberfläche (K1..2) weist der Standort T06 überdurchschnittlich gute Wirkungsgrade auf, während er in 10 und 200 cm über der Oberfläche (K3..4) schlechtere Wirkungsgrade aufweist. Der Standort wird deshalb als bodenprotektiv, aber nur wenig energiedissipativ, eingeschätzt.

Die Freilandstandorte zeigen einen überwiegend geringeren Wirkungsgrad, der phasenweise durch höher aufgewachsene Vegetation (Mais) etwas besser ausfällt. -- Der Standort am Waldrand (T07) besitzt keineswegs einen intermediären Wirkungsgrad, sondern weist phasenweise den schlechtesten Wirkungsgrad aller untersuchten Standorte auf. Dies kann durch die erhöhte Energieeinstrahlung und den geringeren Luftaustausch erklärt werden.

### *Schlußfolgerungen für Planung und Bewirtschaftung*

Die Bewirtschaftung der Landschaft kann nur dann nachhaltig sein, wenn sie die Integrität der Standorte bewahrt, d.h.

- die Stoffverluste sind zu minimieren,
- ein Wasserhaushalt mit möglichst kurzgeschlossenem Wasserkreisläufen ist anzustreben und
- die Energiedissipation ist auf der Fläche zu maximieren und die Gradienten sind zu verringern.

Für ein *Monitoring* in der Landschaft wird der weitere Einsatz von Temperaturmeßsonden empfohlen. Liegen parallele Messungen verschiedener Standorte aus mindestens mehreren Monaten vor, so kann daraus der relative thermische Wirkungsgrad der Standorte ermittelt werden. -- Darüber hinaus können für ein Monitoring Thermalbilder vom Satelliten eingesetzt werden.

Aus den vorliegenden Ergebnissen lassen sich zahlreiche Hinweise ableiten, wie eine nachhaltige *Bewirtschaftung* aussehen könnte. Die Landschaft ist wieder vermehrt mit dauerhafter, verdunstender Vegetation wie Gehölzen und Feuchtgebieten auszustatten, so daß die Energiedissipativität über biologische und physikalische Kreisprozesse maximiert und Basenverluste minimiert werden. Die geringere Albedo vegetationsreicher Oberflächen bei gleichzeitig besserer Dissipation verringerte thermische Gradienten, so daß die lokalen Windsysteme gebremst würden und der Wasserkreislauf kurzgeschlossener sein könnte. Dem Wasser, das nach Möglichkeit in der Landschaft gehalten und verdunstet werden sollte, kommt dabei eine Schlüsselstellung zu.

Diese Funktionalität kann nur über Veränderungen eines Großteils der Landschaft gesteigert werden und nicht allein durch kleinräumige Schutzgebiete. Deshalb sind Land- und Forstwirtschaft zentral einzubeziehen und deren Produktivität zu erhalten. Abschließend werden einige mögliche nachhaltige Bewirtschaftungsformen skizziert.

## Abstrakt

Ausgangspunkt für die Untersuchung ist ein übergreifendes *Systemverständnis* des dynamischen Prozesses "Natur". Dabei ist das Verhältnis der Kreisprozesse zu den Verlustprozessen von zentraler Bedeutung. Die über die Gewässer ausgetragenen *irreversiblen Stoffverluste* beschränken die Zeitspanne, innerhalb derer die Landschaft als physische Grundlage der Gesellschaft genutzt werden kann. Die derzeit in Deutschland zu beobachtenden Stoffverluste von deutlich über 1200 kg/ha/a (ohne Cl-Salze) zeigen eindringlich, daß eine nachhaltige Bewirtschaftung diese Verluste minimieren muß. Dazu sind aus einem *Systemansatz* verbesserte, nachhaltigere Bewirtschaftungsformen abzuleiten. Für die notwendige Heuristik und Rückkopplung ist ein *Monitoring* notwendig, daß Veränderungen der Landschaft erfaßt und regionale Vergleiche ermöglicht. *Temperaturmessungen* könnten als Teil eines Monitorings dazu herangezogen werden. Vor allem die beschleunigte mikrobielle Zersetzung bei höheren Temperaturen und zugleich ausreichendem Wasserhaushalt birgt die Gefahr, nicht phasengerecht zu erfolgen und Stoffverluste auszulösen. Anhand von Temperaturmessungen im *Einzugsgebiet der Stör* in Schleswig-Holstein wurden insgesamt zehn verschiedene Zönosen im Zeitraum 1994 bis 1998 miteinander verglichen. Mit der gewählten *Meßanordnung* wurde alle 20 Minuten in vier Höhen parallel gemessen (10 cm im Boden, an der Bodenoberfläche und 10 und 200 cm über dem Boden). Die *horizontalen räumlichen Residuen* ermöglichen einen direkten Vergleich der Standorte untereinander. So sind die Temperaturen der Waldstandorte deutlich besser ausgeglichen und besitzen niedrigere Amplituden als die anderen Standorte. Der Buchenwald weist deutlich geringere Bodentemperaturen als der lichte Fichtenforst auf. Die *vertikalen Residuen* spiegeln den Erwärmungsprozeß der Standorte wider. Die Erwärmung erfolgt jeweils von der Oberfläche, die durch die jeweilige Vegetationsentwicklung variabel ist und durch diese geprägt wird. Die an allen Meßstandorten beobachteten nächtlichen Temperaturanstiege sind auf *Kondensationsprozesse* (Taubildung) zurückzuführen. Ein Zusammenhang zwischen der *Bodenfeuchte* und der Temperatur konnte entgegen den Erwartungen nur sehr eingeschränkt gezeigt werden. Anhand der Datenreihen mit bis zu 107.000 Datenpunkten pro Meßfühler können weitgehend gesicherte *Temperaturverteilungen* für einige Standorte angegeben werden. Die Verteilungen sind angenähert normalverteilt. Die größte Temperaturspanne betrug 76,2°C an einem Ackerrain (-22°C bis 54,5°C). Die größte tägliche Temperaturamplitude konnte am gleichen Ackerrain mit knapp 42°C registriert werden. Um verschiedene Standorte in einem Summenparameter miteinander vergleichen zu können, wird der *thermische Wirkungsgrad* vorgeschlagen. In Analogie zu dem Raum-Zeit-Produkt Energie setzt sich der thermische Wirkungsgrad aus einer räumlichen Komponente (mittlere Temperaturen im Vergleich zur Gesamtheit) und einer zeitlichen Komponente (mittleren Amplituden) zusammen. Beide Teilterme werden auf Monatsbasis berechnet und erlauben einen relativen Vergleich der Standorte. Die Ergebnisse zeigen die Waldstandorte, und hier besonders den Buchenwald, als Referenzzönosen mit einem ganzjährig sehr guten Wirkungsgrad. Das Dosenmoor kann anhand des Wirkungsgrades als bodenprotektiv aber nur wenig energiedissipativ eingeschätzt werden. Die Freilandstandorte zeigen einen überwiegend geringeren Wirkungsgrad. Der Standort am Waldrand weist, wohl durch die erhöhte Energieeinstrahlung, phasenweise den schlechtesten Wirkungsgrad aller Standorte auf. Abschließend werden Hinweise für eine nachhaltigere Bewirtschaftung der Landschaft abgeleitet. Um die Stoffverluste zu minimieren, sind möglichst kurzgeschlossene Wasserkreisläufe anzustreben, indem über einen vermehrten Anteil dauerhafter, verdunstender Vegetation wie Gehölzen und Feuchtgebieten in der Landschaft die Energiedissipation auf der Fläche maximiert wird.